

ADMINISTRACION GENERAL DE LAS USINAS ELECTRICAS Y LOS TELEFONOS DEL ESTADO

LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA POR LA U. T. E. SOBRE COMBUSTIBLES DE EMERGENCIA

APLICACION INMEDIATA Y PROYECCIONES DE FUTURO

POR LOS INGENIEROS

JUAN BENTURA BORGARELLI
Ing. Jefe de las Usinas Eléctricas de Montevideo

MANUEL E. LUGARO
Jefe de las Centrales de Generación

JULIO DE 1942

Trabajo Presentado a la Primera Conferencia Nacional

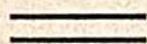
SOBRE APROVISIONAMIENTO Y RACIONALIZACION EN EL EMPLEO DE LOS COMBUSTIBLES

MONTEVIDEO - URUGUAY

IMPRENTA U. T. E.



ADMINISTRACION GENERAL DE LAS USINAS
ELECTRICAS Y LOS TELEFONOS DEL ESTADO



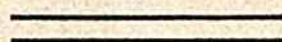
LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA POR LA U. T. E. SOBRE COMBUSTIBLES DE EMERGENCIA

APLICACION INMEDIATA Y PROYECCIONES DE FUTURO

POR LOS INGENIEROS

JUAN BENTURA BORGARELLI
Ing. Jefe de las Usinas Eléctricas de Montevideo

MANUEL E. LUGARO
Jefe de las Centrales de Generación



Publicado por disposición del
Directorio de la U.T.E. según R 42.-21960.

JULIO DE 1942

Trabajo Presentado a la Primera Conferencia Nacional SOBRE APROVISIONAMIENTO Y RACIONALIZACION EN EL EMPLEO DE LOS COMBUSTIBLES



MONTEVIDEO - URUGUAY



LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA POR LA U.T.E. SOBRE COMBUSTIBLES DE EMERGENCIA

Sus aplicaciones inmediatas y proyecciones de futuro

Con motivo de la realización de la Primera Conferencia Nacional Sobre Aprovisionamiento y Racionalización en el Empleo de los Combustibles, nos ha parecido oportuno presentar a consideración de los colegas y especialistas en la utilización de combustibles, los conocimientos y la experiencia adquiridos en estos últimos tiempos por la U.T.E. sobre combustibles de emergencia sucedáneos de carbón y fuel-oil, combustibles, éstos últimos, empleados hasta hace poco en forma total en sus instalaciones, diseñadas especialmente para su exclusiva utilización.

Antes de pasar a considerar los temas fundamentales de esta exposición, nos parece conveniente hacer, siquiera sea una breve reseña, de las características principales de las instalaciones de transporte y equipos de calderas existentes en las Centrales termoeléctricas de que dispone la U.T.E. en Montevideo, así como del carbón y fuel-oil empleados normalmente en dichas Centrales, que como se sabe son dos: Central "José Batlle y Ordóñez" y Central "Ingeniero Santiago A. Calcagno".

CAPITULO I

---

a) DISPOSITIVOS DE DESCARGA Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES SOLIDOS (Instalados solamente en la Central "José Batlle y Ordóñez").

La instalación de descarga de combustible sólido, de la cual agregamos un croquis y varias fotografías, consta de los siguientes elementos:

Grúa de descarga y cinta transportadora en el muelle de atraque.

Las lanchas, de una capacidad variable generalmente entre 300 y 600 toneladas, atracan en el muelle de descarga a ambos lados, existiendo una profundidad mínima de 2m5 en tiempo normal.

El ancho máximo de los corredores laterales de cubierta de las lanchas debe ser menor de 1m5 para permitir la entrada del "grapo" a plomo en cada una de las bodegas de las lanchas.

Una grúa con una capacidad de descarga de 120 toneladas por hora, deja el combustible en una tolva, la que por un alimentador oscilante echa el combustible en una cinta transportadora horizontal (N.º 1) de 0.80 de ancho, rodeada de una cubierta cerrada por todas partes. La cinta, cuya velocidad es de 100 m. por minuto, tiene un largo de 190 m. y su capacidad de transporte horaria es de 150 toneladas, tomando como base un combustible sólido de una densidad aparente de 0,85. Todos estos elementos se encuentran ubicados en el muelle de descarga indicado en el croquis adjunto y que también puede verse en las fotografías Nos. 1 y 2.

Cintas transportadoras complementarias y Puente sobre el Parque de combustibles.

La cinta N.º 1 desemboca, por intermedio de una tolva, sobre la cinta N.º 2 de la misma velocidad y capacidad horaria que la primera. De esta cinta el combustible puede seguir dos caminos: o bien es trasbordado a la cinta N.º 3 y de ella descargado directamente por un tubo telescópico hacia el Parque de almacenamiento de combustible sólido, o bien sigue hasta el extremo de la cinta N.º 2 y descargado a través de un separador magnético y de una separadora mecánica. Esta desempeña dos funciones: la de tamizar el carbón que cae inmediatamente por intermedio de una tolva sobre la cinta N.º 5, y la de transportar el carbón grueso hasta los cilindros de la trituradora de carbón, que descarga por intermedio de otra tolva sobre la misma cinta N.º 5. Esta continúa hasta el elevador de cangilones que puede verse indicado en el esquema adjunto y en la fotografía N.º 3.

Elevador de cangilones y alimentación de las calderas.

Dicho elevador lleva el carbón hasta el nivel de las tolvas de calderas y descarga sobre la cinta N.º 6 que lo hace a su vez sobre cualquiera de las 16 tolvas que alimentan las 8 calderas a razón de 2 por caldera.

La capacidad total de las tolvas es de 2630 toneladas, con un combustible de una densidad aparente de 0,85.

El carbón almacenado en las tolvas llega a las parrillas mecánicas por tubos inclinados, de 0.30 m. de diámetro pasando previamente por una balanza que controla el combustible que se consume en cada caldera. Los tubos referidos descargan en las tolvillas de cada caldera, las que, por intermedio de la compuerta reguladora permite regular la alimentación de las calderas.

Otra regulación puede efectuarse por la velocidad de la parrilla que puede llevarse a cuatro valores: 5,80 m., 7,60 m., 14,70 m. y 18,80 m. por hora respectivamente.

Si se quiere mandar combustible del Parque a las tolvas de las calderas, se utiliza la grúa indicada con la letra G en el esquema adjunto y que se ve en la fotografía N.º 4, de una capacidad horaria de 150 toneladas, la que descarga sobre una tolva situada sobre la parte superior del Puente, sobre la cinta N.º 4, adyacente a la N.º 3. Desde aquella cinta se descarga a la cinta N.º 2 y sigue luego el camino ya indicado.

Instalaciones controladoras del combustible.

A medida que se descarga el carbón y al pasar por la cinta N.º 1, es pesado automáticamente por intermedio de una balanza colocada en el lugar indicado con la letra a) en el esquema adjunto. Queda así controlada la entrada de combustible a la Central, ya sea que vaya al Parque o a las tolvas de las calderas.

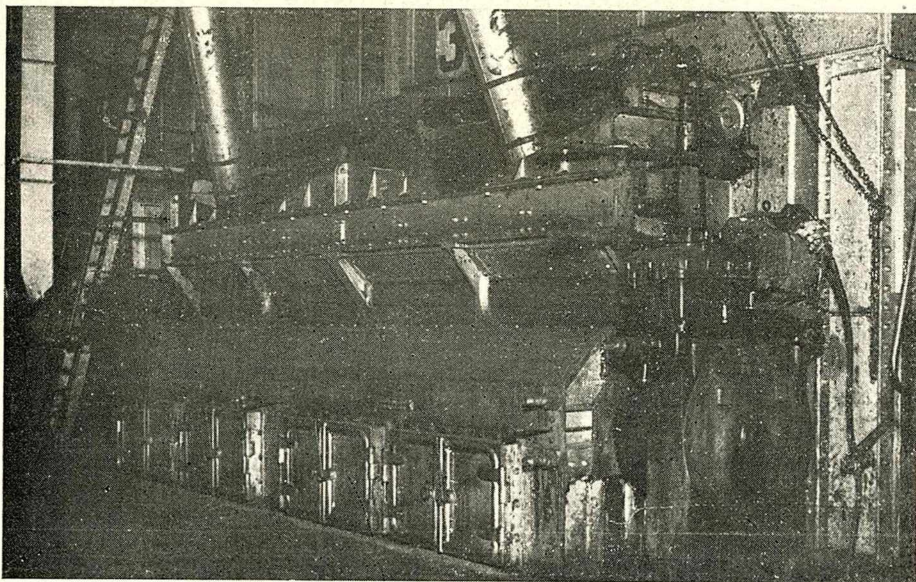
Cuando se eleva el combustible del Parque a las calderas, el control se efectúa por intermedio de otra balanza similar a la ya indicada, ubicada en el sitio designado con la letra b) en el esquema adjunto.

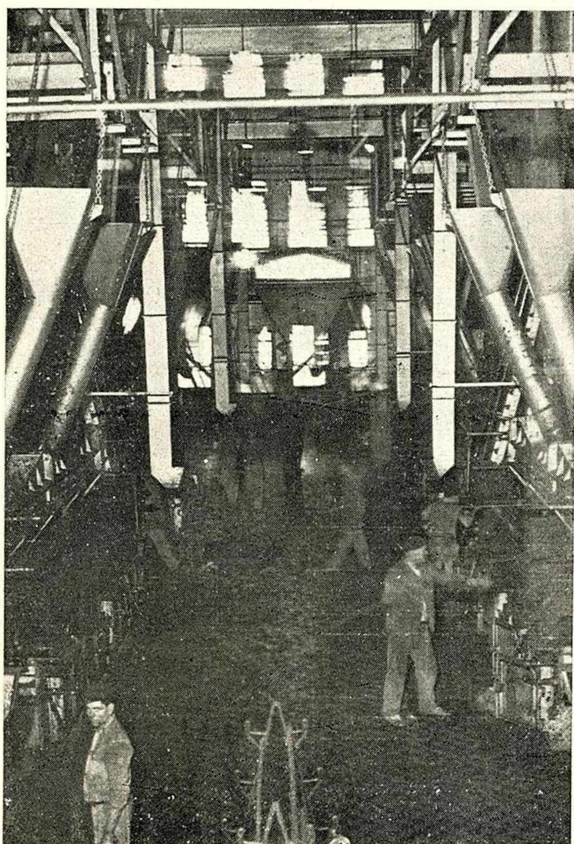
---

b) DISPOSITIVOS DE DESCARGA Y ALMACENAMIENTO DE FUEL-OIL (Común a las dos Centrales).

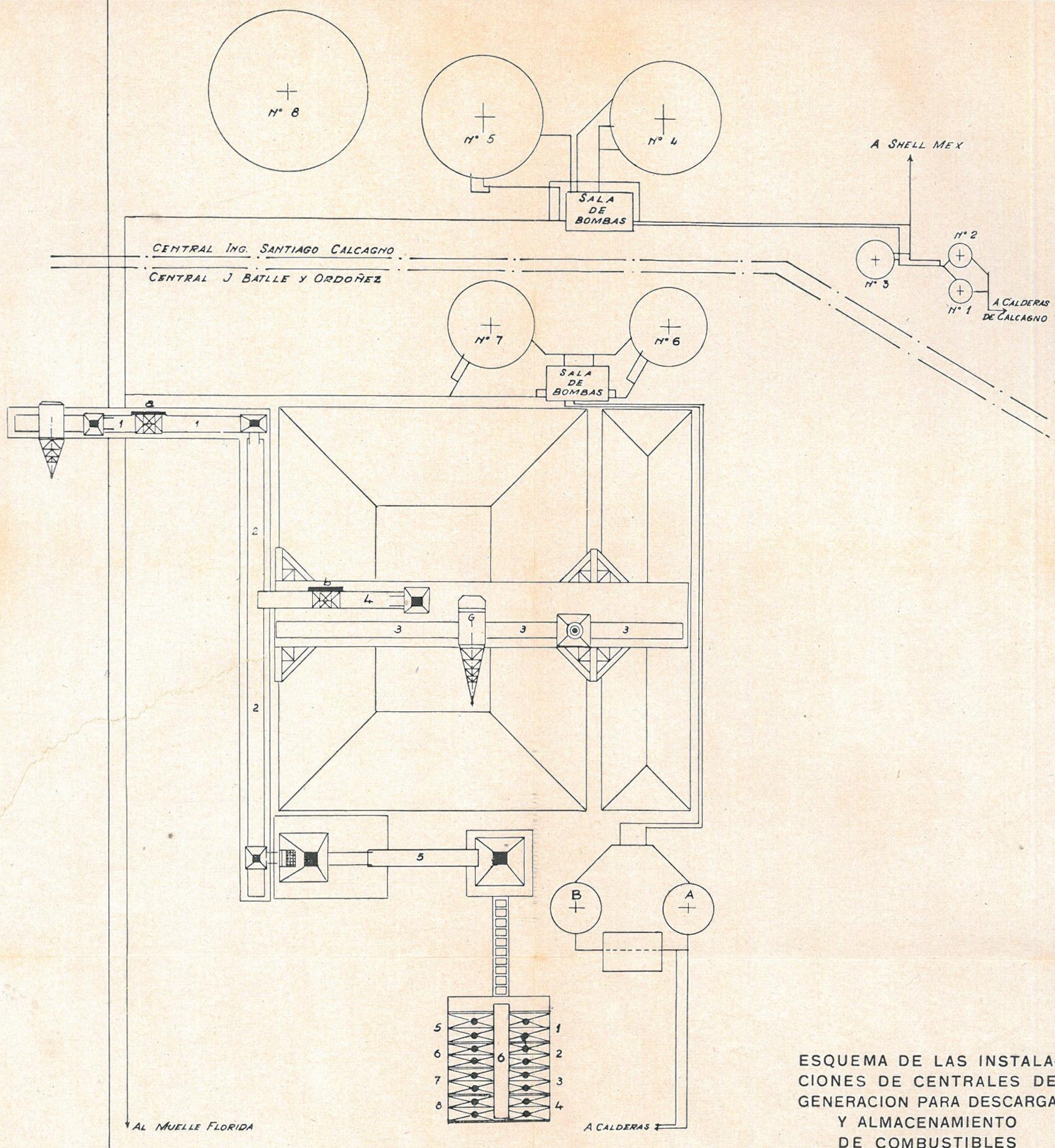
La recepción del fuel-oil proveniente de ultramar o de la Planta que la Ancap tiene en La Teja, se efectúa en el Muelle Florida, del Puerto de Montevideo, de donde una cañería que corre al lado del muro de ribera de la Bahía lo conduce hasta las Centrales, donde puede enviarse hacia los tanques indicados con los Nos. 6 y 7 de la Central Batlle, o hacia los designados con los Nos. 4, 5 y 8 de la Central Calcagno, con una capacidad total de 34.000 toneladas.

El petróleo almacenado en dichos tanques puede enviarse por intermedio de bombas independientes instaladas en ambas Centrales hacia los tanques Nos. 1, 2 y 3 de la Central Calcagno, con una capacidad de 1.216 toneladas, y a los tanques A y B, de una capacidad total de 200 toneladas, en la Central Batlle.

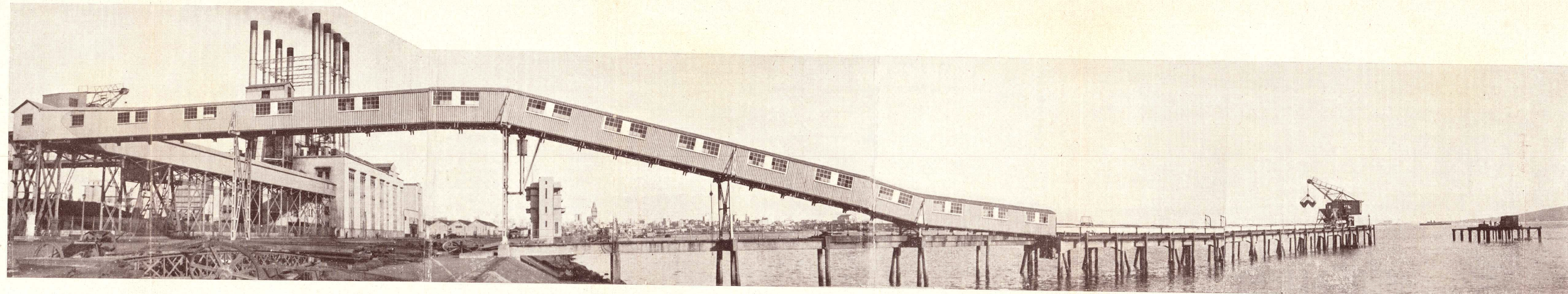




Vistas del interior en la Sala de Calderas de la Central "José Batlle y Ordóñez"



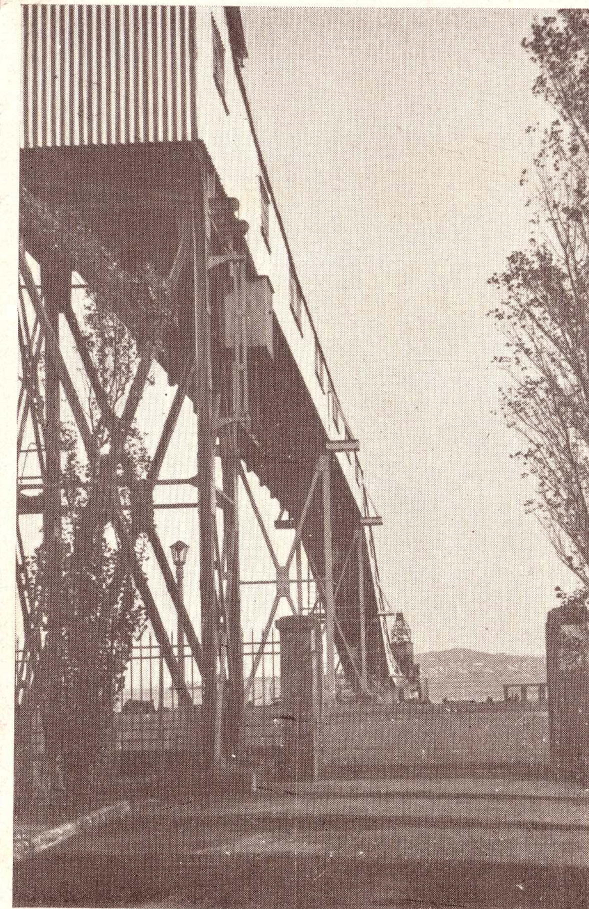
ESQUEMA DE LAS INSTALACIONES DE CENTRALES DE GENERACION PARA DESCARGA Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES



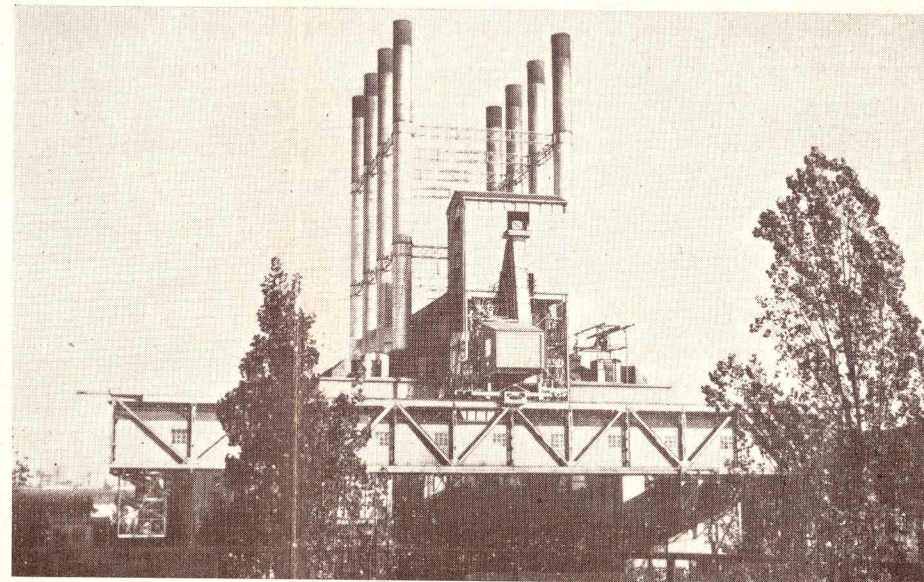
1

VISTAS DE LOS DISPOSITIVOS DE DESCARGA DE COMBUSTIBLE SOLIDO EXISTENTES EN LA "CENTRAL JOSE BATLLE Y ORDOÑEZ"

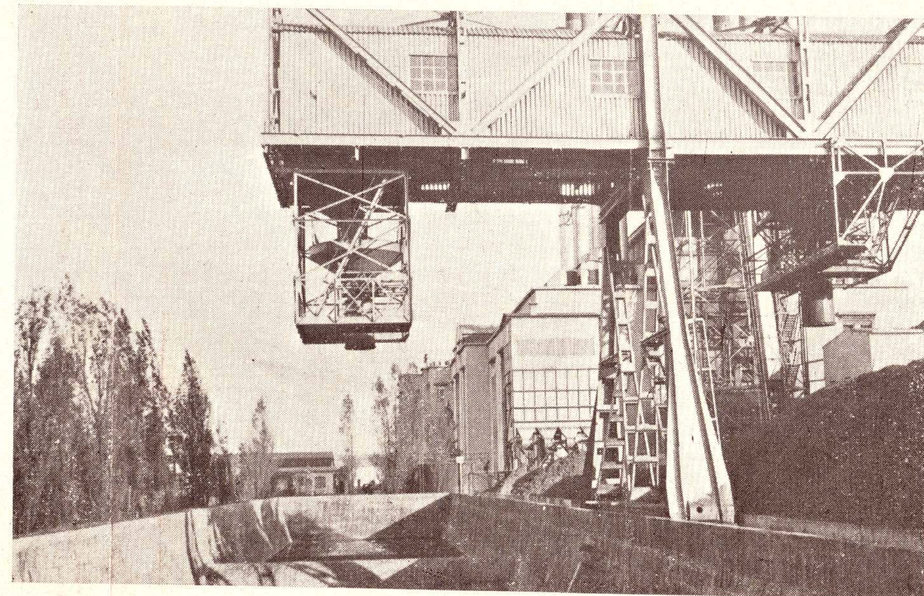
2



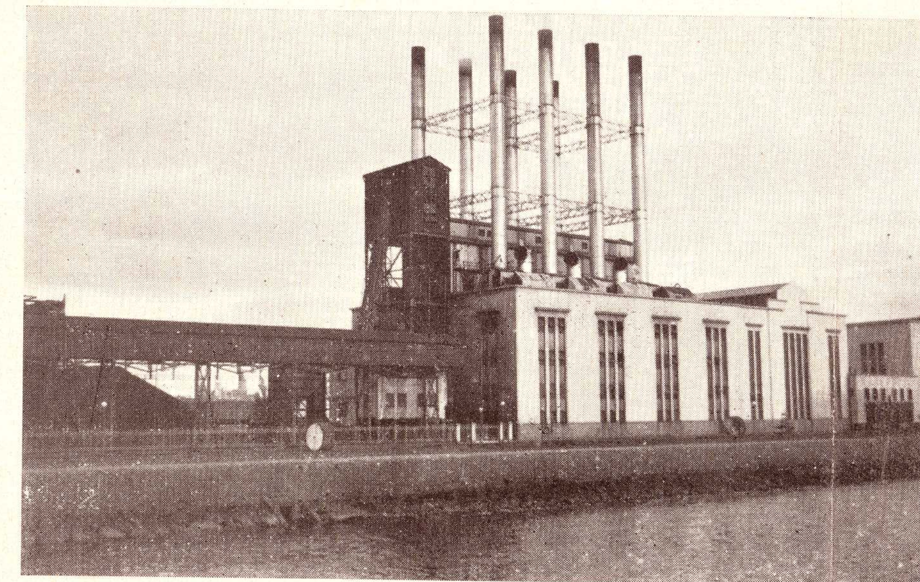
3



4



5



6



CORTE LONGITUDINAL DE LA CENTRAL SEGUN EL EJE DE LA SALA DE CALDERAS



+32.59
+31.99
+24.59
+21.37
+20.60
+20.361
+15.17
+12.54
+8.70
+8.70
+4.50
+4.50
+4.50
+2.00
+2.00
-3.04
-5.00
-3.90
-3.04
-5.00
+24.05
+16.70
TABLERO
+13.70 PASAJE DE CABLES
+9.50 SUB-ESTACION
+7.86
TRANSFORMADORES
+5.10
+4.50
+4.00
+17.50
+13.00
+9.50
+4.50
+2.00
+4.15
+4.00

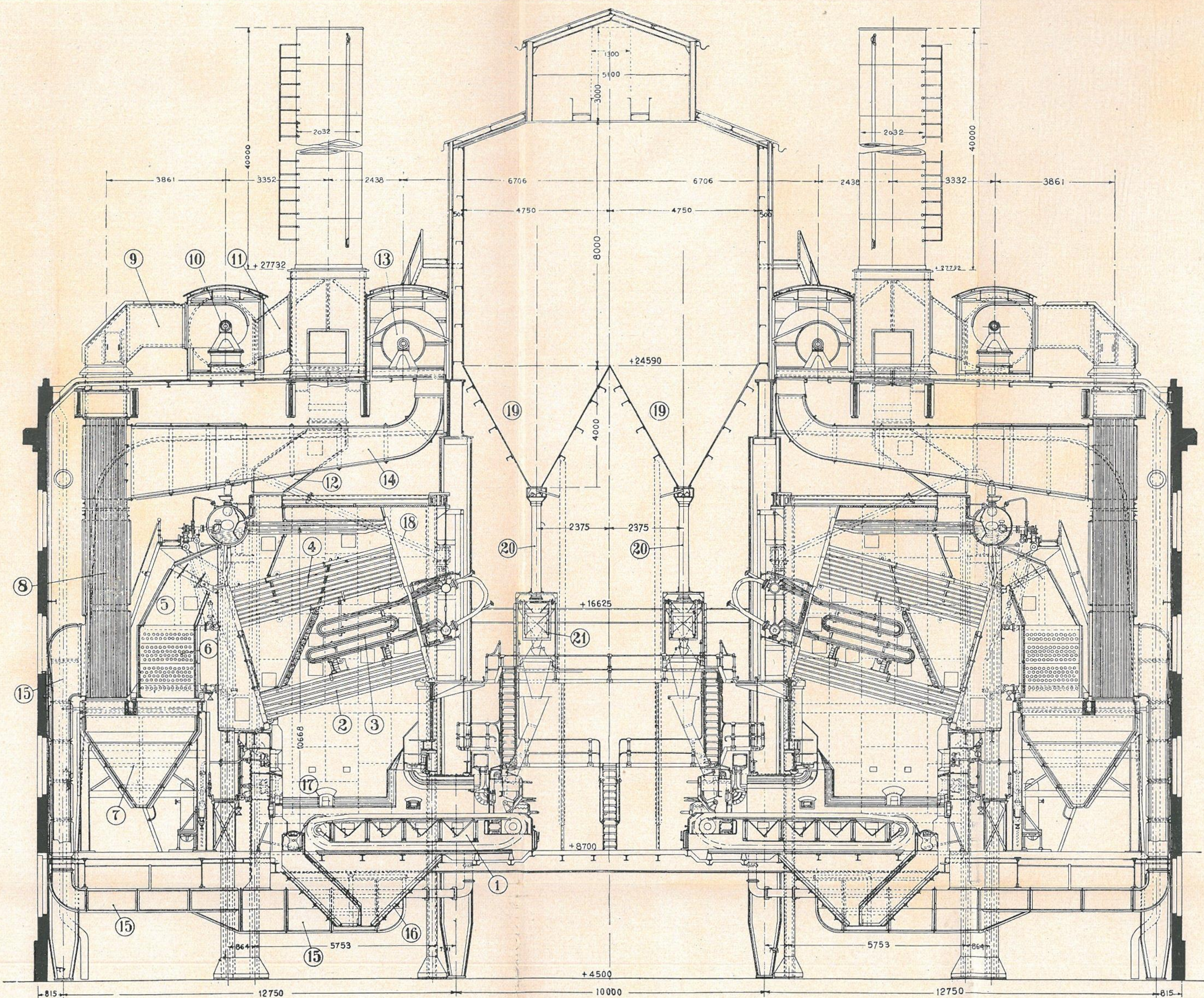
CASA DE TANQUES

CASA DE CALDERAS

CASA DE MAQUINAS

CASA DE COMANDO

CASA DE TABLEROS



1300
5100
3000
40000
2032
3861
3352
2438
6706
6706
2438
3332
3861
4750
4750
8000
+27732
+24590
4000
2375
2375
+16625
10668
+8700
864
5753
5753
864
+4500
815
12750
10000
12750
815
ESCALA GRAFICA
1.00
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00
9.00
10.00

Escala = 1:50

Nº	RESULTADOS TECNICOS DE LA EXPLOTACION DE LA CENTRAL "JOSE BATLLE Y ORDOÑEZ"		1939	1940	1941
	GENERACION				
1	Total de kWh generados		197.497.987	247.934.585	259.938.079
2	Total de kWh distribuídos		185.882.084	233.466.243	244.862.513
3	Total de kWh de servicios esenciales		11.615.903	14.468.342	15.075.566
4	Porcentaje de servicios esenciales	%	5,88	5.85	5,80
5	Carga máxima en los generadores	kW	50.600	50.300	52.300
6	Carga máxima en la red (cables primarios)	"	48.410	48.280	50.100
7	Carga máxima en los servicios esenciales	"	2.770	2.350	2.370
8	Factor de carga $\frac{(2) \times 100}{(6) \times \text{horas}}$	%	55,1	43,8	55,8
	COMBUSTIBLE				
9	Total de carbón quemado (como se recibe)	Kg	63.667.710	91.259.692	98.816.074
	Total de petróleo quemado	"	27.129.100	32.0.66.066	34.956.958
10	Carbón empleado en encendidos y en calderas en reserva	"	1.273.354	1.825.194	1.976.321
	Petróleo empleado en encendidos y en calderas en reserva	"	594.100	1.247.966	868.358
11	Porcentaje de carbón usado en encendido y en calderas en reserva	%	2,00	2,00	2,00
	Porcentaje de petróleo usado en encendido y en calderas en reserva	"	2,18	3.89	2,48
12	Potencia calorífica bruta del carbón (como se recibe)	Cal/Kg	8.209	7.866	7.818
	Potencia calorífica bruta del petróleo (como se recibe)	"	10.214	10.180	10.248
13	Potencia calorífica del carbón seco	"	—	—	—
	Potencia calorífica neta del petróleo	"	—	—	—
14	Carbón por kWh. distribuído	Kg	0,588	0,566	0,587
	Petróleo por kWh. distribuído	"	0,415	0.444	0,458
15	Carbón por kWh. generado	"	0,497	0,533	0,553
	Petróleo por kWh. generado	"	0,392	0,418	0,431
16	Carbón por kWh. generado menos carbón usado en encendidos y en calderas en reserva	"	0,487	0,522	0,541
	Petróleo por kWh. generado menos petróleo usado en encendidos y en calderas en reserva	"	0,383	0,402	0,420
17	Total de escoria removida	"	—	—	—
18	Porcentaje de escoria con relación al carbón	%	—	—	—
19	Porcentaje de combustible en las cenizas	"	13,11	8,49	7,69
	VACIO Y TEMPERATURA				
20	Vacío en el escape de las turbinas	%	95,4	95,2	95,-
21	Temperatura en el escape de las turbinas	ºC	34,9	34,8	35,3
22	Temperatura a la entrada del agua de circulación	"	18,8	18,2	17,8
23	Temperatura a la salida del agua de circulación	"	24,8	23,8	23,7
24	Máxima temperatura del agua de la bahía	"	27,-	29,-	28,-
25	Mínima temperatura del agua de la bahía	"	11,-	10,-	10,-
26	Temperatura de los gases a la salida del calentador de aire	"	—	—	—
27	Temperatura del aire a la entrada del calentador de aire	"	—	—	—
28	Temperatura del aire a la entrada de la parrilla	"	—	119,-	115,-
29	Temperatura de los gases a la salida de la caldera	"	—	—	—
30	Temperatura de los gases a la salida del economizador	"	—	—	—
31	Porcentaje de CO_2 a la salida de las calderas	%	9,1	7,4	6,7
	VAPOR				
32	Presión en la válvula de aislación de las calderas	Kg/cm²	34.9	35,0	35,0
33	Presión en la válvula principal de las turbinas	"	34,9	35,0	35,0
34	Temperatura en la válvula de aislación de las calderas	ºC	418,-	417,-	419,-
35	Temperatura en la válvula principal de las turbinas	"	418,-	417,-	419,-
36	Presión absoluta media en el escape de las turbinas	Kg/cm²	—	—	—
37	Vapor producido a carbón	Kg	632.290.000	840.460.000	889.710.000
	Vapor producido a petróleo	"	341.590.000	375.830.000	403.420.000
	Total de vapor producido	"	973.000.000	1.216.290.000	1.293.130.000
38	Vapor por kWh. distribuído	"	5,239	5,210	5.281
39	Vapor por kWh. generado	"	4,931	4,906	4,975
40	Consumo de la turbina por kWh. generado	"	—	—	—
41	Evaporación por kilo de carbón	"	9,931	9,210	9,004
	Evaporación por kilo de petróleo	"	12,837	11,723	11,540
42	Evaporación por kilo de carbón, menos carbón empleado en encendidos y en calderas en reserva	"	10,134	9,400	9,187
	Evaporación por kilo de petróleo, menos petróleo empleado en encendidos y en calderas en reserva	"	13.168	12,197	11,834
43	Evaporación por kilo de carbón desde y a 100ºC	"	11,900	12,400	12,268
	Evaporación por kilo de petróleo desde y a 100ºC	"	15.400	16,100	16,152
44	Temperatura del agua de alimentación a la entrada del economizador	ºC	131,-	131,-	135,-
45	Temperatura del agua de alimentación a la entrada de las calderas	"	186,-	175,-	176,-
46	Agua evaporada para calderas	%	4.8	—	4,4
	Evaporación por kilo de carbón de 7.500 cadorías	Kg	9 073	8,736	8,577
	RENDIMIENTO				
47	Rendimiento de la sala de calderas (según Código I. C. E.	%	—	—	—
48	Rendimiento neto del funcionamiento de la sala de calderas, menos calderas en reserva	"	—	—	—
49	Rendimiento térmico a carbón por kWh. distribuído	"	19,84	19,42	18,80
	Rendimiento térmico a petróleo por kWh. distribuído	"	20,72	19,10	18,38
	Rendimiento térmico total por kWh. distribuído	"	20,14	19,32	18,67
50	Rendimiento térmico a carbón por kWh. generado	"	21,10	20,62	19,95
	Rendimiento térmico a petróleo por kWh. generado	"	21,98	20,28	19,51
	Rendimiento térmico total por kWh. generado	"	21,37	20,51	19,82
51	Factor de carga media de las calderas $\left(\frac{\text{Evaporación total}}{\text{H, Func. Cald. x 41.400}}\right)$	"	69.20	66,74	65,60
	Factor de carga media de las calderas a carbón	"	67,20	63.82	59,20
	Factor de carga media de las calderas a petróleo	"	73,10	74,32	86,50
52	Rendimiento de las turbinas	"	86,16	86,64	86,48
53	Calorías a carbón por kWh. distribuído		4.334	4.449	4.586
	Calorías a petróleo por kWh. distribuído		4.151	4.525	4.690
	Total de calorías por kWh. distribuído		4,270	4.473	4.618
54	Calorías a carbón por kWh. generado		4.076	4.190	4.320
	Calorías a petróleo por kWh. generado		3,912	4.260	4.418
	Total de calorías por kWh. generado		4,019	4,212	4.350
	ANALISIS MEDIO DEL CARBON				
	Materias volátiles	%	20,20	26,32	24,26
	Carbón fijo	"	74,70	64,51	67,19
	Cenizas	"	5,10	9,17	8,55



c) EQUIPOS DE CALDERAS.

1) En la Central "José Batlle y Ordóñez"

La Central "José Batlle y Ordóñez", construída en los años 1930-31, consta de 8 calderas acuo-tubulares de patente Babcock & Wilcox, tipo marino-terrestre, con una producción horaria de vapor de 41.000 kgs. contínuos y 47.000 kgs. como máximo, por unidad, a una presión de 35 kg/cm^2 y 425°C de temperatura final.

En los cortes longitudinal y trasversal de la sala de calderas que se agregan pueden apreciarse la distribución y elementos generales de las calderas de referencia.

Siguiendo el curso de los gases de la combustión los elementos están dispuestos en serie y en la forma siguiente: sección de seis tubos de calderas, recalentador, sección de 9 tubos, conductos al economizador, economizador, precalentador de aire, conducto al ventilador de tiro inducido, ventilador de tiro inducido, conducto a la chimenea. De la parte superior de la caldera sale el conducto de desviación de los gases directamente a la chimenea a fin de poder sacar el economizador fuera del servicio. Para tal objeto los conductos están munidos de las compuertas respectivas, manejadas a distancia.

La disposición de los elementos para el tiro forzado, siguiendo el curso del aire es la siguiente: ventilador, conducto al precalentador de aire, precalentador, conducto de aire caliente al hogar.

Las calderas están construídas para quemar carbón triturado o fuel-oil, haciéndose la alimentación con el primero de estos combustibles, por la parte del hogar que está del lado del corredor central de la sala de calderas, estando los quemadores de fuel-oil ubicados en la parte posterior del hogar.

El cambio de carbón a fuel-oil exige el revestimiento del cargador con material refractario.

Cada caldera está compuesta de 35 secciones de tubos de 102 mm. de diámetro exterior, unidos a cabezales de forma sinuosa, los que a su vez se unen por tubos cortos en la parte posterior, al tambor y al recipiente de fango en la parte inferior.

El sobrecalentador consta de 186 tubos de 38 mm. de diámetro, unidos en sus extremos a cajas de acero forjado. La caja superior está unida por medio de un tubo al tambor.

El economizador tipo Foster consiste en 11 hileras de 12 tubos cada una. Estos tubos son de acero estirado en frío y sin costura sobre los cuales van dispuestos anillos corrugados de hierro fundido en forma de aletas. Las hileras inferiores y superiores están unidas a colectores y las intermedias por curvas formando columnas de forma sinuosa. La entrada del agua de alimentación está en la parte inferior y la salida en la parte supe-

rior, es decir, que la circulación del agua es de sentido contrario al pasaje de los gases calientes.

El precalentador de aire consta de 1262 tubos unidos en sus extremos a las placas tubulares, estando el sistema cerrado dentro de una envoltura de acero.

La parrilla, que es del tipo de cargador gemelo es eslabonada y se le acciona por medio de ruedas dentadas especiales sobre el eje delantero de la parrilla. Los eslabones son de hierro fundido, de limpieza automática y la parrilla está provista de placas de escoria, las que van colocadas en la parte posterior.

Cada parrilla es accionada por un motor eléctrico blindado y tiene cuatro velocidades ya indicadas precedentemente.

Las calderas están equipadas con 26 elementos sopladores de hollín, con válvulas en la cabeza.

El equipo para quemar fuel-oil con que está dotada cada caldera, es del sistema de presión, constando de un calentador vertical de 14 m^2 de calefacción, con una presión de trabajo de 14 atmósferas y es capaz de elevar la temperatura del combustible de 50º a 130ºC. El frente de la caldera está dispuesto para recibir 10 quemadores con sus correspondientes registros y soportes.

El calentador está provisto de filtros de hileras de gasas, que se pueden sacar fácilmente para la limpieza, válvulas y caño de purga.

Las calderas no están actualmente tal como fueron construídas, ya que se le han introducido algunas modificaciones que les permiten quemar un tipo de carbón diferente del que utilizaban en un principio y que era el carbón tipo nuez, de bajo contenido de volátiles (18 %) para el cual eran adecuadas la disposición de su bóveda del tipo Liptak (suspendida) y la presión del aire secundario.

Pero es bien sabido que la demanda de energía eléctrica del Departamento de Montevideo y zonas circunvecinas tiene grandes variaciones repentinas.

La regulación de la vaporización de las calderas para responder a esas alternativas se hacía difícil por lo que, en marzo del año 1933 se efectuó el primer ensayo de sustituir el carbón Cardiff por otro de alto contenido de volátiles, de fácil ignición, que hiciera responder la producción de las calderas a las fluctuaciones de la carga.

El ensayo se efectuó con 1.560 toneladas de carbón de Polonia, con un contenido de volátiles de 37.8 %.

Como consecuencia de tan feliz experiencia, la U.T.E. cambia sus especificaciones para la compra de carbón y a partir de setiembre de 1933 adopta la combustión en gran escala de carbón Yorkshire de más de 35 % de volátiles, abandonando definitivamente el tipo Cardiff.

La combustión en gran escala de carbón Yorkshire de alto contenido de volátiles y baja proporción de cenizas, reveló tres grandes inconvenientes, a saber:

a) Destrucción rápida de la bóveda suspendida.

b) Destrucción rápida del material refractario debajo de esa bóveda y al nivel de la parrilla mecánica.

c) Destrucción rápida de los elementos de parrilla y de las barras de

escoria, por la escasa protección dada por la poca cantidad de cenizas del carbón.

El primer inconveniente fué salvado construyendo las bóvedas inclinadas y cambiando los grandes blocks especiales para ladrillos refractarios comunes suspendidos por ganchos de fundición.

El segundo fué solucionado empleando refractarios de alta calidad, de carborundum, de precio muy elevado ($ 3.00 cada uno).

El tercer inconveniente fué eliminado aumentando artificialmente el contenido de cenizas del carbón, es decir, que en las especificaciones de compra se mantuvo el mismo valor de 6 % para las cenizas y en la instalación se aumentaba del 8 al 10 % antes de entrar a las calderas.

Eliminados los inconvenientes del nuevo tipo de carbón, la marcha de la Central "José Batlle y Ordóñez" se hace a carbón de Yorkshire y petróleo, aún cuando últimamente se adquirieron carbones de características variadas, dadas las dificultades en la obtención de combustibles.

En los formularios adjuntos se indican en forma detallada, los resultados técnicos de la explotación de la Central "José Batlle y Ordóñez".

---

2) En la Central "Ingeniero Santiago A. Calcagno"

La Central Calcagno consta de 19 calderas acuo-tubulares de 400 m^2 de superficie de calefacción cada una, cuya vaporización normal era de 9.000 kgs. y la máxima de 11.500 por hora.

Frente al constante aumento en la demanda de energía eléctrica, se trató de aumentar su potencialidad, para lo cual se procedió a modernizarla efectuándose las siguientes modificaciones principales:

Aumento del volumen del hogar.
Supresión de dos hileras de tubos.
Traslado del tabique horizontal a fin de aumentar la superficie expuesta al calor radiante.
Instalación de tiro forzado.
Sustitución de ocho quemadores de petróleo instalados en el frente de cada caldera por cuatro en los costados, a razón de dos por lado.
Colocación de aparatos de dilatación para las secciones de tubos.
Colocación de un painel de instrumentos por cada caldera.
Instalación de colectores de purgas.
Adaptación de las calderas para quemar carbón pulverizado.

Además se han efectuado numerosas pequeñas reparaciones y ajustes. El resultado obtenido es un aumento apreciable de la potencia unitaria de vaporización (40 %) y una mayor seguridad de servicio.

Existen ya catorce calderas equipadas para quemar carbón pulverizado, las que también pueden utilizar harinas y combustibles similares, disminuyéndose así el consumo de fuel-oil.

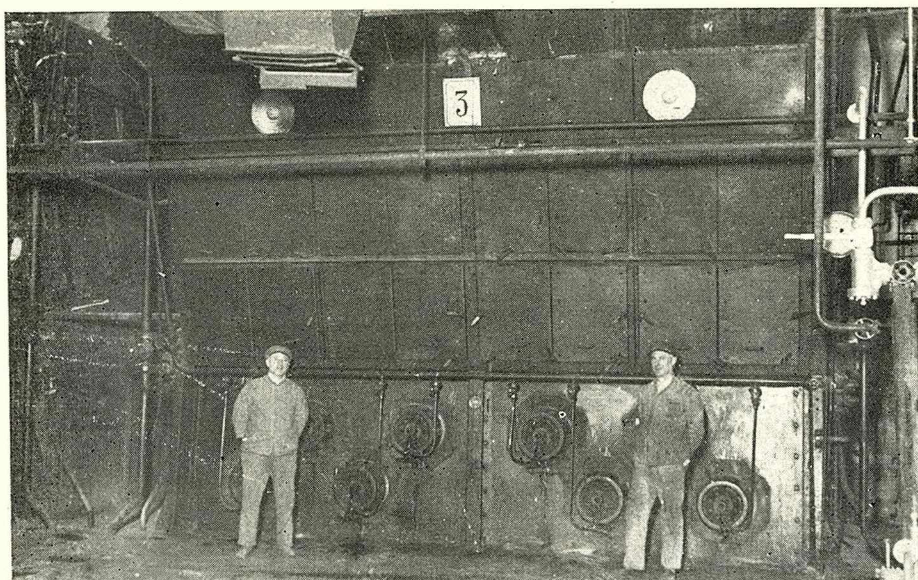
Consumos de combustibles en ambas Centrales

El consumo de combustibles en ambas Centrales es apreciable. Basta citar que en el año 1941, las 27 calderas llegaron a quemar:

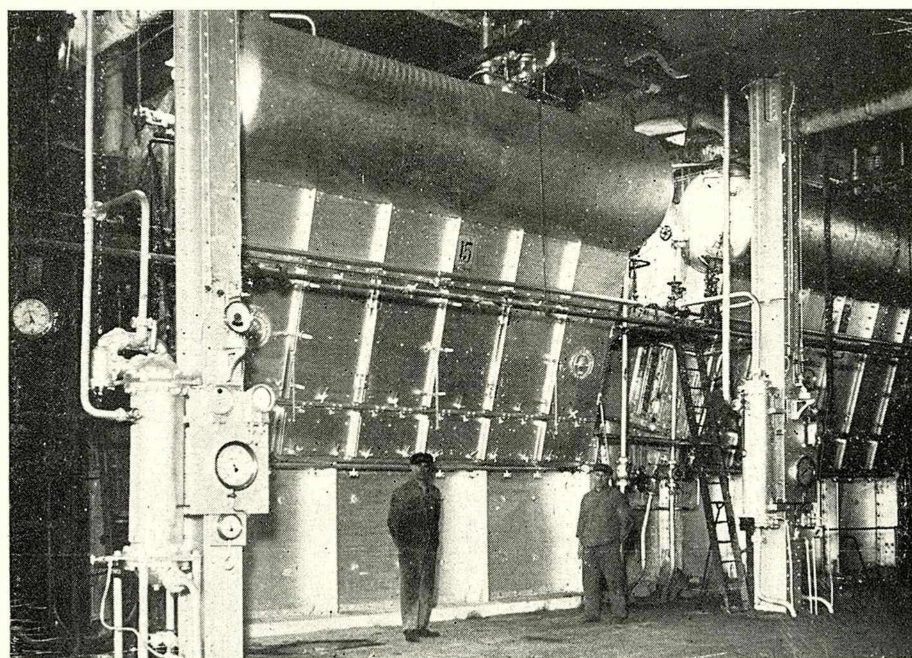
99.000 toneladas de carbón y
55.000 toneladas de fuel-oil.

Resulta interesante comparar dichos valores con la importación total en el país, de los referidos combustibles.

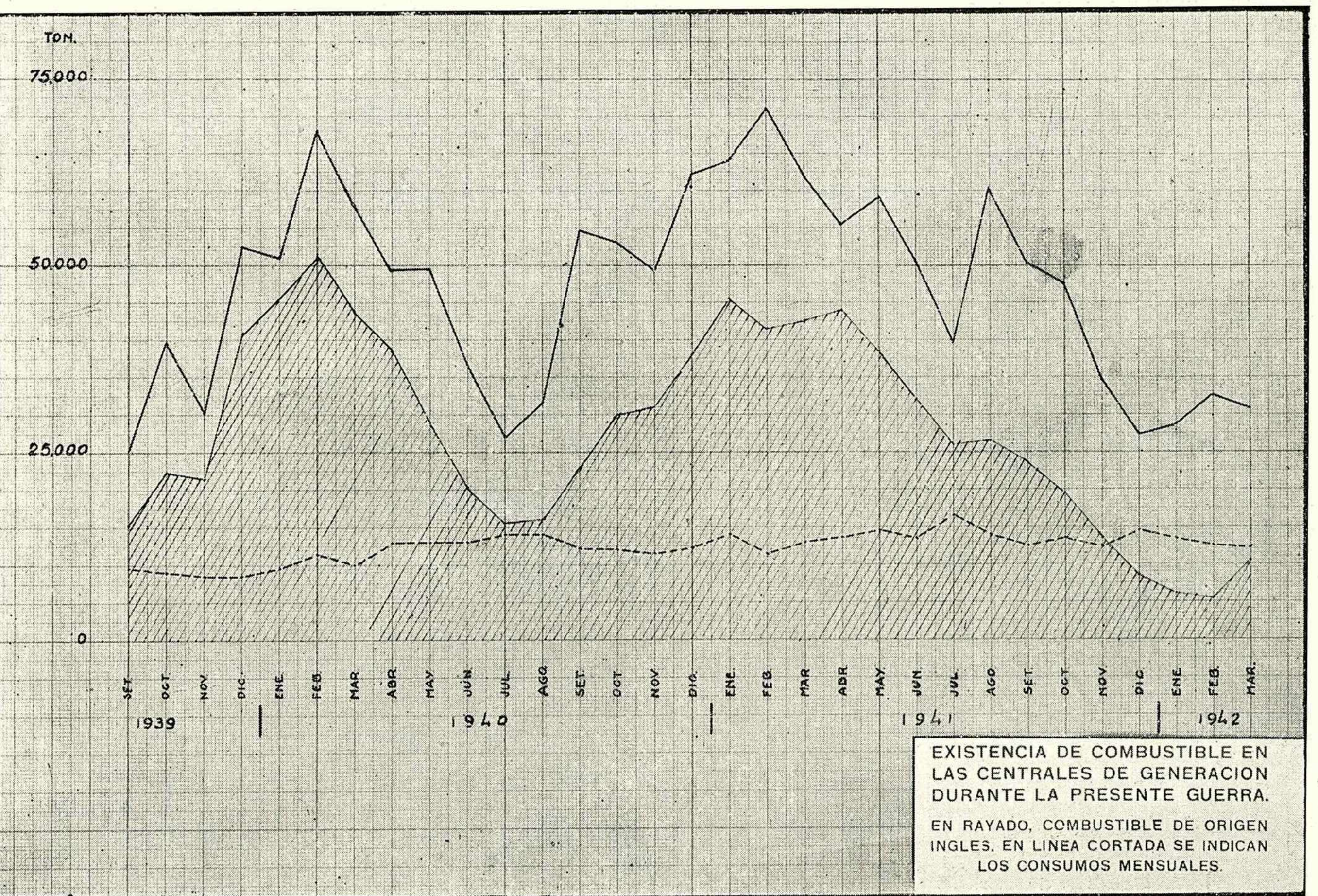
Años	Carbón en toneladas	Fuel-oil en toneladas
1935	330.101	147.172
1936	326.614	186.369
1937	418.073	227.197
1938	333.854	200.016
1939	336.318	248.563
1940	453.926	307.347



Vista de una Caldera de la Central Calcagno antes de la reforma



Vista de una Caldera de la Central Calcagno después de la reforma


TON.
75,000
50,000
25,000
0
SET
OCT
NOV
DIC
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SET
OCT
NOV
DIC
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SET
OCT
NOV
DIC
ENE
FEB
MAR
1939
1940
1941
1942
EXISTENCIA DE COMBUSTIBLE EN
LAS CENTRALES DE GENERACION
DURANTE LA PRESENTE GUERRA.
EN RAYADO, COMBUSTIBLE DE ORIGEN
INGLES. EN LINEA CORTADA SE INDICAN
LOS CONSUMOS MENSUALES.

d) CARACTERISTICAS DE LOS COMBUSTIBLES EMPLEADOS NORMALMENTE.

Los combustibles que se han utilizado en dichas instalaciones a partir del año 1937 así como sus características, determinadas en numerosos ensayos realizados en el Laboratorio de la U.T.E., son los que figuran en el cuadro adjunto.

El stock de combustibles de que se disponía normalmente estaba limitado por la capacidad del Parque de Carbón y de los tanques de almacenamiento de fuel-oil, que eran de 15.500 y 19.600 toneladas respectivamente.

Con el fin de aumentar la cantidad de combustible almacenado, se procedió a la profundización, en el año 1938, del Parque de Carbón y en el año 1942, al montaje de un nuevo tanque de fuel-oil de 15.500 m^3 de capacidad, llegándose así a poder tener una disponibilidad total de 27.000 y 35.100 toneladas de carbón y fuel-oil respectivamente.

No considerándose ello suficiente, se utilizó para almacenamiento de carbón todo el espacio correspondiente a la Rambla Edison frente a la U.T.E. y aún parte del patio interno de la Central "José Batlle y Ordóñez".

A consecuencia de la adopción de las medidas indicadas, se pudo aumentar apreciablemente el stock disponible, como se indica en el gráfico adjunto.

Para cada uno de los tipos indicados correspondía tomar precauciones especiales en la conducción de las calderas.

La combustión de los carbones de bajo contenido de volátil, tipo Cardiff, en las parrillas mecánicas, se ha efectuado en capas de 8 centímetros de espesor y velocidad de 15 metros por hora en la parrilla manteniéndose casi totalmente abiertos los tres primeros registros de tiro forzado y totalmente cerrado el cuarto. El aire secundario se mantenía muy reducido.

Los carbones de alto contenido de volátil tipo Yorkshire requieren para su combustión condiciones prácticamente similares a excepción del aire secundario que como es lógico debe ser abundante. Por tal motivo se ha encarado la posibilidad de instalar otro ventilador más para elevar dicha presión.

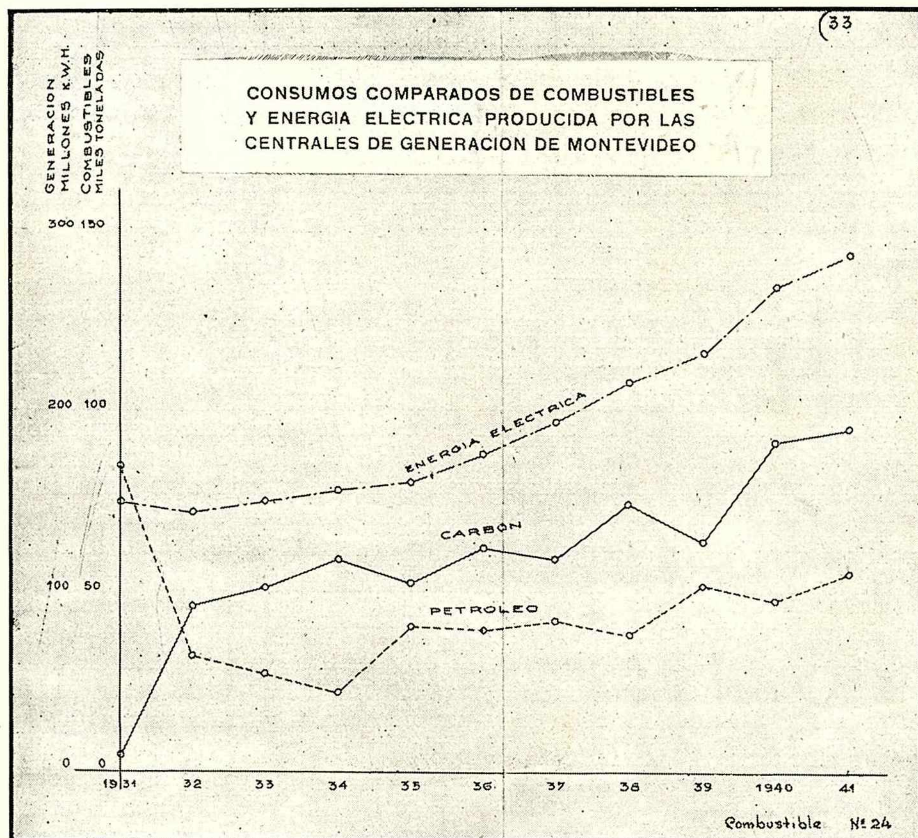
En la combustión de carbón norteamericano se han experimentado dificultades en el encendido del carbón a la entrada de la caldera.

Con respecto a la cantidad de escoria contenida en los carbones corresponde destacar que si bien ella es reducida como sucede en general con los carbones de buena clase, la característica de los hogares de la Central "José Batlle y Ordóñez" exige que sea aumentada.

En efecto, según se vió en el inciso c) de este capítulo 1.º, las parrillas de dichos hogares, del tipo cadena (chain grater stoker), están constituídas por pequeños eslabones de 16,7 mm. de ancho por 200 mm. de largo. La combustión se produce sobre la cara de 16,7 x 200 mm. y si el carbón no posee un porcentaje algo elevado de cenizas, que cubra la parrilla y la proteja convenientemente se produce, especialmente cuando se emplea aire caliente para la combustión, como es el caso que estamos considerando, un

ensanchamiento del elemento que dificulta la llegada del aire y por consiguiente la combustión, influyendo además en la marcha de la parrilla, por el aumento de la fricción con las guías laterales.

Dicho inconveniente se evita aumentando el porcentaje de cenizas, llevándolo a valores comprendidos entre el 7 y 10 %.



Dado el largo transporte que deben experimentar los carbones, no sería económico adquirirlos con ese elevado porcentaje de cenizas, por lo cual se completa la diferencia entre el contenido propio de cenizas del carbón y el que debe tener agregándole un suplemento de escorias antes de que entre el carbón en las calderas.

Con el fin de obtener una mezcla homogénea se efectúa el agregado en los transportadores de carbón, antes de la trituradora y en el punto en que el carbón, abandonando la cinta de transporte, cae verticalmente, pasando por un separador magnético.

En esta forma, y usando un porcentaje total de escorias de un valor promedio de 9 % se han obtenido buenos resultados, en lo referente a la conservación de las parrillas, pero el sistema tiene el inconveniente que aumenta el porcentaje de carbón no quemado de la escoria, el que, de acuerdo con determinaciones que se hacen diariamente, puede fijarse en un promedio de 10 %, referido a la escoria.

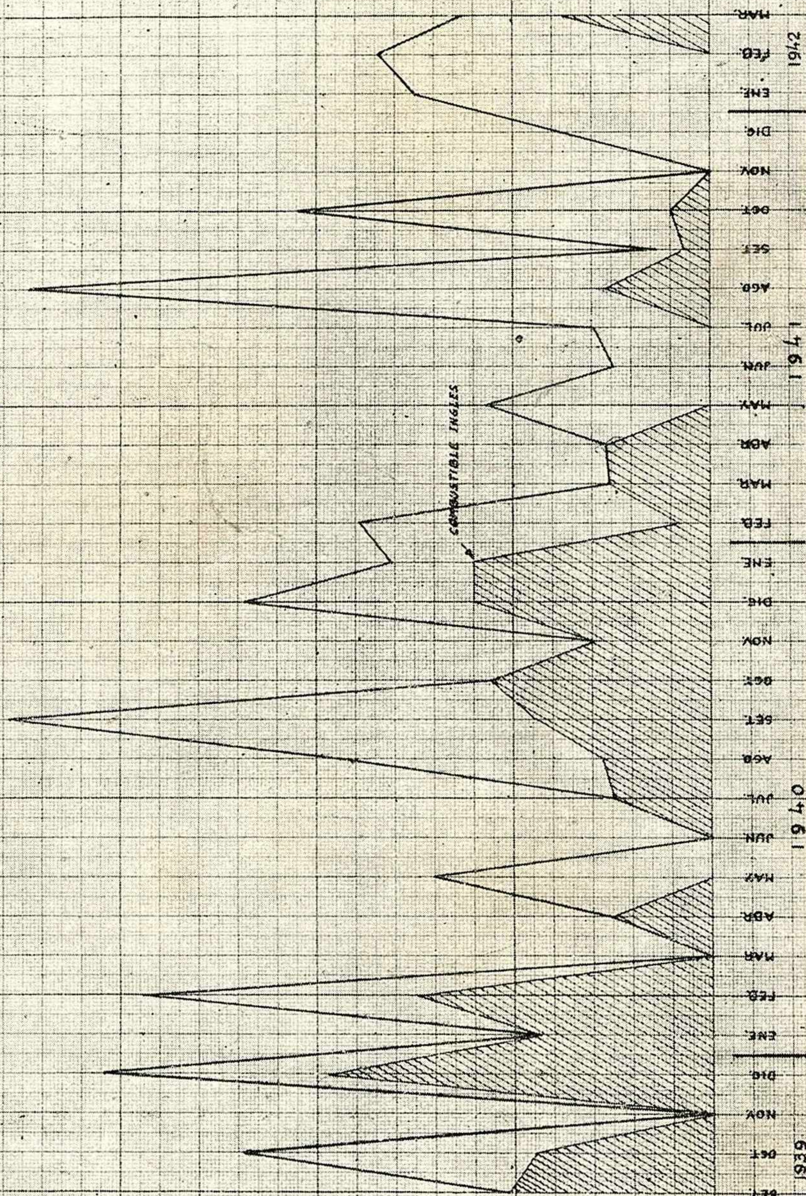
CARACTERISTICAS DE LOS COMBUSTIBLES EMPLEADOS NORMALMENTE EN LAS CENTRALES TERMOELECTRICAS DE MONTEVIDEO

CARBON

AÑO	PROCEDENCIA	DENOMINACION	Humedad	Volátiles	Cenizas	Cal/kg.	Azufre	Comp. Volúm. 10 mm.	Fusión Cenizas	OBSERVACIONES
1937	Inglaterra	Washed Sized Steam Coal	6,60 %	37,25 %	4,53 %	7784	1,36 %	10 %	1.375ºC	Promedio: 5 ensayos. Fusión: 1. C. Volúm. seg. contrato y menor a 20 mm.
1938	Inglaterra	Welsh Washed Sized Coal (Mixed)	2,00 %	18,73 %	4,93 %	8262	0,90 %	15,80 %	1.422ºC	Promedio: 10 ensayos. Fusión: 9. C. Volúm. 5.
1939	Inglaterra	Cardiff Welsh Washed Sized Stean Coal	1,61 %	18,96 %	5,25 %	8249	0,85 %	5,50 %	1.330ºC	Promedio: 12 ensayos. Fusión seg. contrato.
1939	Inglaterra	Yorkshire Trebles Doubles and Singles	4 55 %	33,56 %	6,51 %	7789	1,61 %	4,38 %	—	1 ensayo
1939	Inglaterra	Cardiff All Large	1,00 %	17,71 %	3,62 %	8399	0,89 %	—	—	1 ensayo
1940	Inglaterra	Cardiff Welsh Washed Sized	1,51 %	20,12 %	5,63 %	8155	0,92 %	7,60 %	1.300ºC	Promedio: 6 ensayos
1940	Inglaterra	Yorkshire Doubles and Singles	7,08 %	33,24 %	8,13 %	7528	1,49 %	3,09 %	1.300ºC	Promedio: 7 ensayos. Fusión: seg. contrato
1940	EE.UU.	Pocahontas Koppers	2,77 %	16,92 %	6,66 %	8154	0,69 %	15,88mm. 31,75mm.	—	Promedio: 2 ensayos. C. Volúm. seg oferta.
1940	EE.UU.	Macco	1,98 %	33,44 %	7,98 %	7770	1,14 %	—	1.500ºC	Promedio: 2 ensayos. Fusión: seg. oferta.
1941	Inglaterra	Cardiff Welsh Washed Sized	1,71 %	19,02 %	5,13 %	8207	0,89 %	7,54 %	1.300ºC	Promedio: 5 ensayos.
1941	Inglaterra	Yorkshire Doubles and Singles	6,27 %	26,64 %	8,21 %	7706	1,16 %	4,12 %	1.300ºC	1 ensayo Fusión: seg. contrato.
1941	EE.UU.	Pionner Island Creek (tamaño nuez)	3,07 %	35,82 %	5,76 %	8025	1,40 %	—	1.345ºC	Promedio: 2 ensayos. Fusión: seg. oferta
1941	EE.UU.	New River, Run of mine	3,38 %	23,63 %	6,63 %	8228	1,18 %	—	—	1 ensayo

FUEL-OIL

AÑO	Procedencia	Densidad 15 ºC	Viscosidad Saybolt Furol 50 ºC	Punto de imflamación	Agua y Sedimentos	Azufre	Cal/kg.	OBSERVACIONES
1937	Aruba	0,972	90,5 seg.	93 ºC	0,8 %	2,06 %	10.198	1 ensayo
1938	Aruba	0,9883	100 seg.	98 ºC	0,53 %	2,24 %	10.153	Promedio: 4 ensayos. Tipo: North Atlantic.
1939	Aruba	0,9731	77 seg.	105 ºC	0,16 %	2,47 %	10.245	Promedio: 3 ensayos.
1940	Aruba	0,9811	131 seg.	97 ºC	0,26 %	2,18 %	10.202	Promedio: 9 ensayos.
1941	Aruba	0,9752	96 seg.	103 ºC	0,13 %	1,32 %	10.287	Promedio: 11 ensayos.



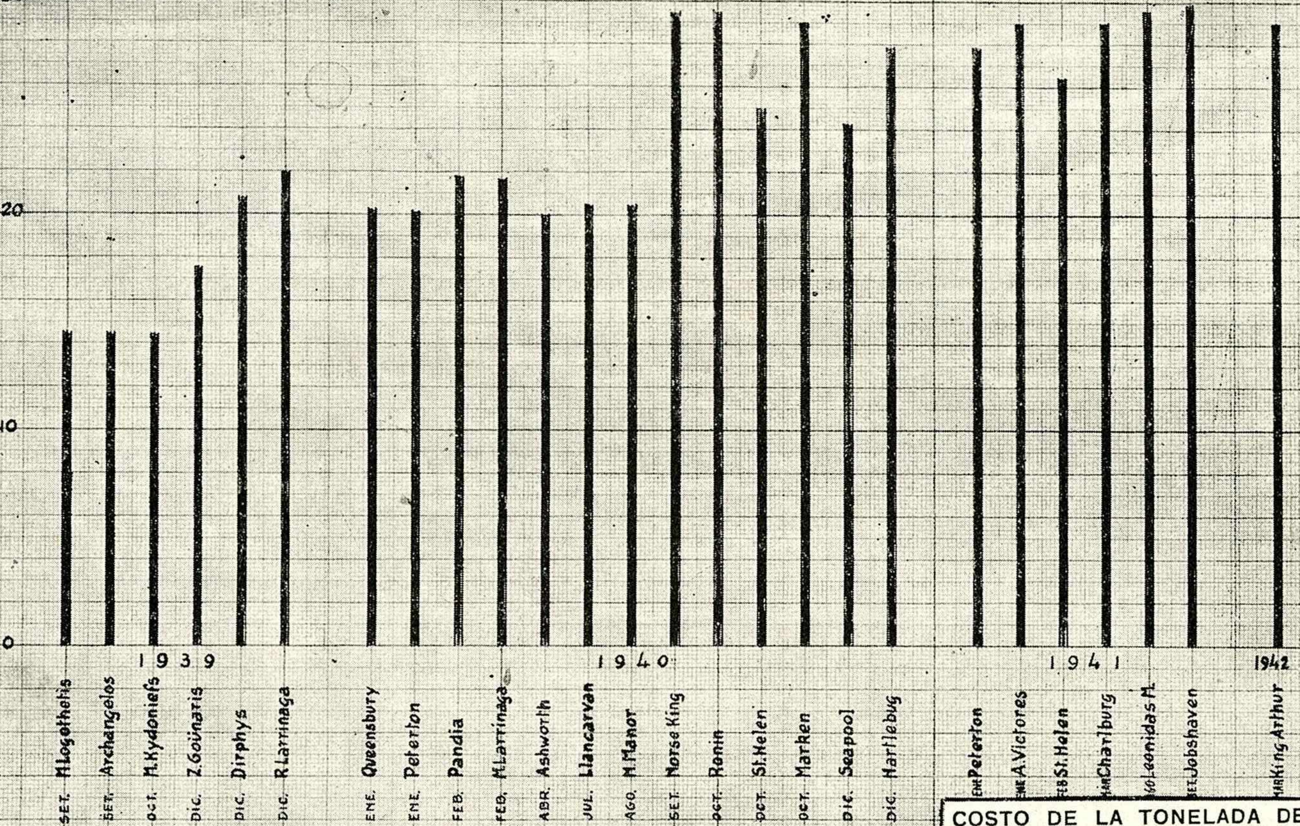
COMBUSTIBLE RECIBIDO POR LA U. T. E. DURANTE LA PRESENTE GUERRA.
EN RAYADO, COMBUSTIBLE DE ORIGEN INGLES.
COMBUSTIBLE INGLES
TON.
40.000
30.000
20.000
10.000
0
1939
1940
1941
1942

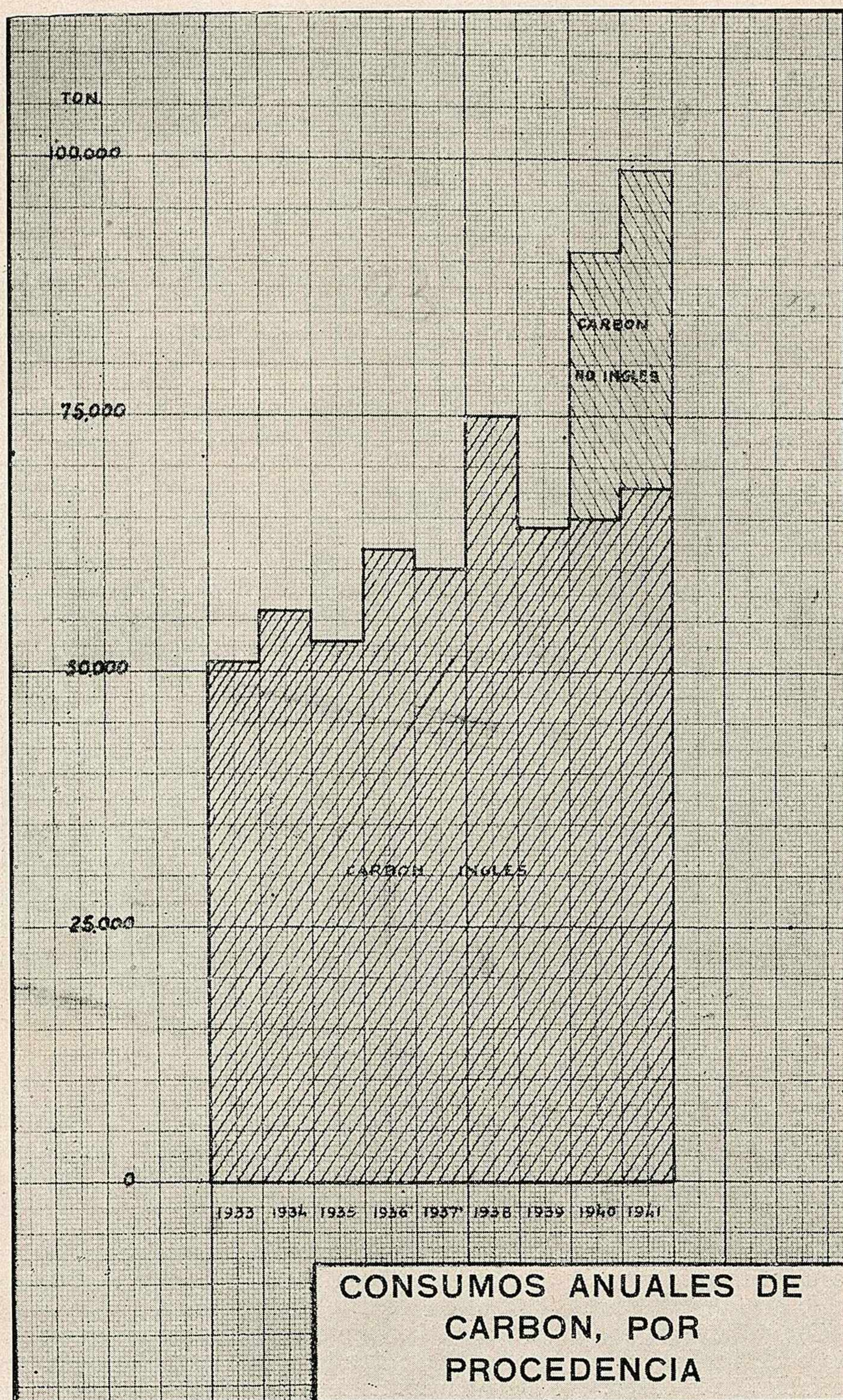
CAPITULO II

MEDIDAS DE EMERGENCIA ADOPTADAS POR LA U.T.E.

En previsión de las dificultades que una gran conflagración mundial crearía en el suministro de los combustibles, carbón y fuel-oil, que empleaba normalmente en sus instalaciones, provenientes en su totalidad de Europa y Norte América, la U.T.E., que conocía los inconvenientes experimentados durante la guerra de 1914-1918, tomó algunas medidas con el fin de solucionar, en lo posible, aquellas dificultades.

Dichas medidas, de distinta naturaleza y que fueron adoptadas en forma sucesiva o simultánea, de acuerdo al desarrollo de los acontecimientos, pueden catalogarse en tres clases.


PESOS URUGUAYOS
30
20
10
0
1939
1940
1941
1942
SET. M.Logothetis
SET. Archangelos
OCT. M.Kydoniefs
DIC. Z.Goúnaris
DIC. Dirphys
DIC. R.Larrinaga
ENE. Queensbury
ENE. Peterton
FEB. Pandia
FEB. M.Larrinaga
ABR. Ashworth
JUL. Llancarvan
AGO. M.Manor
SET. Norse King
OCT. Ronin
OCT. St.Helen
OCT. Marken
DIC. Seapool
DIC. Hartlebug
ENE Peterton
ENE A.Victores
FEB St.Helen
MAR Charlburg
Leonidas M.
SET Jobshaven
MAR King Arthur
COSTO DE LA TONELADA DE CARBON INGLES DESDE QUE SE INICIO LA GUERRA.

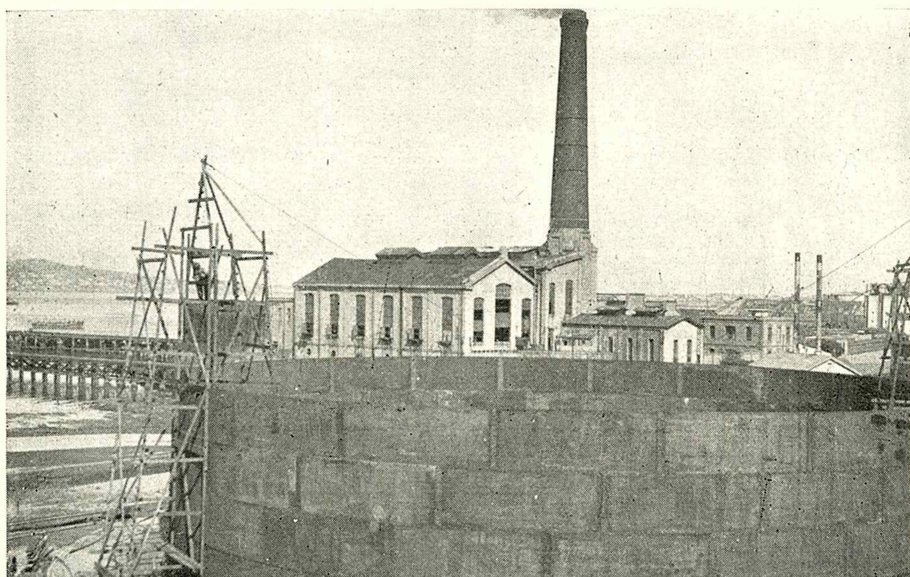


CONSUMOS ANUALES DE CARBON, POR PROCEDENCIA

a) AUMENTO DE STOCK DE COMBUSTIBLES.

La U.T.E. inició gestiones a principios de 1939, para la formación de un stock apreciable de carbón, con el que pudiera cubrir sus necesidades durante seis meses. Las adquisiciones fueron incrementadas y las llegadas mensuales, tal como se ve en el gráfico adjunto (pág. 24), ascendieron a valores muy por arriba de los consumos.

El stock de carbón experimentó diversas variaciones, según se indica en el gráfico de la página 20, volviendo a subir en forma apreciable.



Montaje del nuevo tanque de fuel-oil de 15.000 toneladas de capacidad

Simultáneamente, el precio del carbón experimentó variaciones importantes anotadas en el gráfico adjunto (pág. 26), pero en general, con tendencia a subir considerablemente, lo que revela el esfuerzo formidable que significó para la U.T.E. llegar a la formación de los stocks de referencia.

En general, los carbones adquiridos fueron de procedencia inglesa, pero últimamente las compras se orientaron hacia el carbón norteamericano lo que se expresa en el gráfico adjunto de la pág. 27.

Conjuntamente con el carbón, debe emplearse también un cierto porcentaje de fuel-oil, que permita hacer frente a las variaciones bruscas apreciables de la carga, que actualmente asciende a valores elevados, como

lo indica la carga máxima registrada hasta la fecha, que fué de 73.800 kW. (24 de junio de 1941).

La cantidad de carbón y fuel-oil utilizada en los últimos años está indicada en el gráfico de la pág. 22, en el que también se expresa la energía producida.

También se trató de aumentar el stock de fuel-oil, instalándose otro tanque de una capacidad de 15.000 toneladas.

Por otra parte, y previendo la aparición de mayores dificultades en el aprovisionamiento de fuel-oil que en el del carbón, la U.T.E. tomó las medidas tendientes a reducir el consumo de aquel combustible, el que no puede ser eliminado totalmente por la naturaleza de algunas de sus instalaciones (Central Santiago A. Calcagno, de reserva) y porque, como se ha expresado precedentemente, se debe emplear un combustible que por su facilidad de combustión y su potencia calorífica elevada permita sobrellevar las variaciones bruscas de carga, que alcanzan actualmente valores apreciables.

Con tal fin se hicieron ensayos con dos tipos de combustibles.

---

b) UTILIZACION DEL CARBON PULVERIZADO EN SUSTITUCION DEL FUEL-OIL.

Hacia fines del año 1939, la U.T.E. inició los estudios para la preparación y combustión de polvo de carbón en suspensión en petróleo, conocido como "combustible coloidal", aún cuando no se trate exactamente de un coloide, combustible que puede quemarse en las dos Centrales de Montevideo sin modificar las instalaciones existentes.

Para los ensayos iniciales se utilizaron maquinarias de que disponía la U.T.E., empleando para la molienda del carbón, un molino destinado originalmente a la preparación de pigmentos para pinturas.

Lamentablemente, las experiencias referidas tuvieron que ser suspendidas, porque presionada la U.T.E. por la amenazante situación internacional de aquellos días, se orientaron los esfuerzos hacia la utilización de un tipo de combustible que, reemplazando fácilmente al fuel-oil, permitiera incrementar el consumo de carbón, encarando entonces la combustión directa del carbón en polvo, que es indudablemente más simple que la del combustible coloidal.

El equipo antes mencionado, como asi mismo otros tres más, fueron convenientemente adaptados al nuevo fin a que se les destinaba, y completados con todos los elementos necesarios como ser: separadores de polvo, ventiladores, quemadores, transportadores a tornillos, alimentadores automáticos y regulables para los molinos, etc., todo lo cual fué ejecutado en sus propios talleres.

Por otra parte, y con el fin de poder utilizar también el carbón pulverizado en la Central Calcagno, se preparó un sistema de transporte neumático. En esas condiciones, el esquema general de la instalación de quemar carbón en polvo comprende:

Plantas de molienda y combustión, del sistema individual, en la Central "José Batlle y Ordóñez".

Transporte neumático a las antiguas tolvas de carbón de piedra en la Central "Ing. Santiago A. Calcagno".

Combustión en esta Central, por el sistema de depósito (bin system), ligeramente modificado para adaptarlo a las circunstancias locales.

Hasta el 22 de agosto se han quemado en las dos Centrales 12.000 toneladas de carbón pulverizado, no habiéndose experimentado dificultades insalvables en la preparación y combustión del referido combustible, siendo el mayor inconveniente la fusión de las cenizas en el hogar de las calderas de la Central "José Batlle y Ordóñez" por tratarse de hogares de temperatura elevada, no así en la Central Calcagno donde la extracción de escoria, que no funde, se hace fácilmente.

Además de la ventaja que significa el empleo de carbón pulverizado, o sea el de quemar carbón en lugar del fuel-oil equivalente, que constituyó el motivo fundamental de la adopción de tal tipo de combustible, existen otras varias conveniencias para el momento actual y para el futuro, que aconsejan su utilización en forma cada vez más intensa, y que son:

a) **Se facilita la utilización del carbón almacenado.**

En efecto, el carbón que ha estado almacenado mucho tiempo a la intemperie, y fuera del alcance de las instalaciones normales de transporte ha experimentado una cierta reducción en el contenido de volátiles y en su potencia calorífica; por otra parte, presenta, a causa de su manipulación por medios mecánicos provisorios, una cantidad de trozos menudos y de polvo que constituyen un verdadero inconveniente para su empleo en las parrillas.

Además, existen en la zona de almacenaje, combustibles de características muy diversas tanto en su composición volumétrica como en el contenido de volátiles.

Por los motivos enunciados, el empleo simultáneo de los combustibles de referencia crea dificultades en su combustión en las parrillas, y se traduce en una reducción en la potencia de vaporización de las calderas, obligando a limitar la vaporización a 30.000 o 35.000 kgs. de vapor por hora y por caldera.

En cambio los combustibles referidos son empleados sin inconveniente alguno cuando están pulverizados.

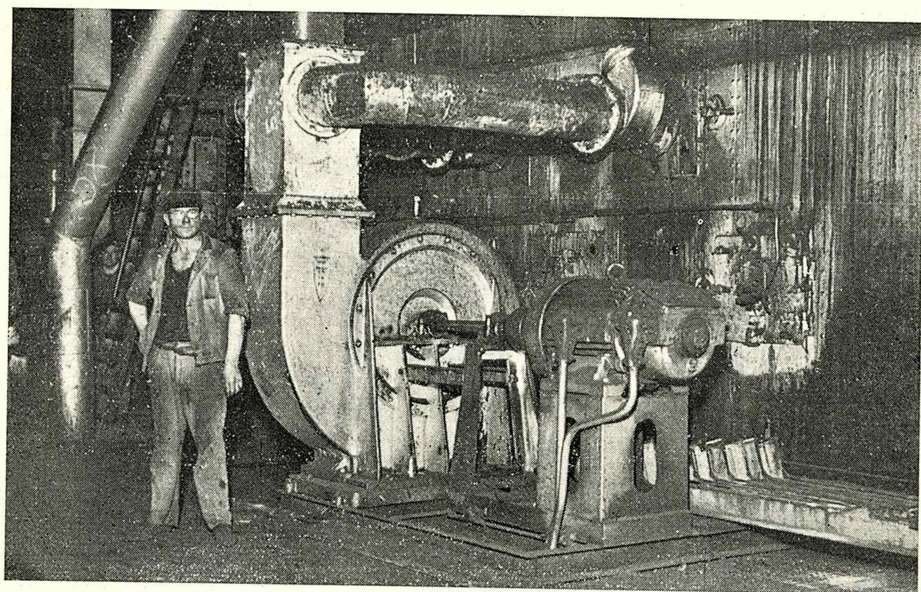
b) **Permite a las Centrales emplear combustibles de calidad inferior.**

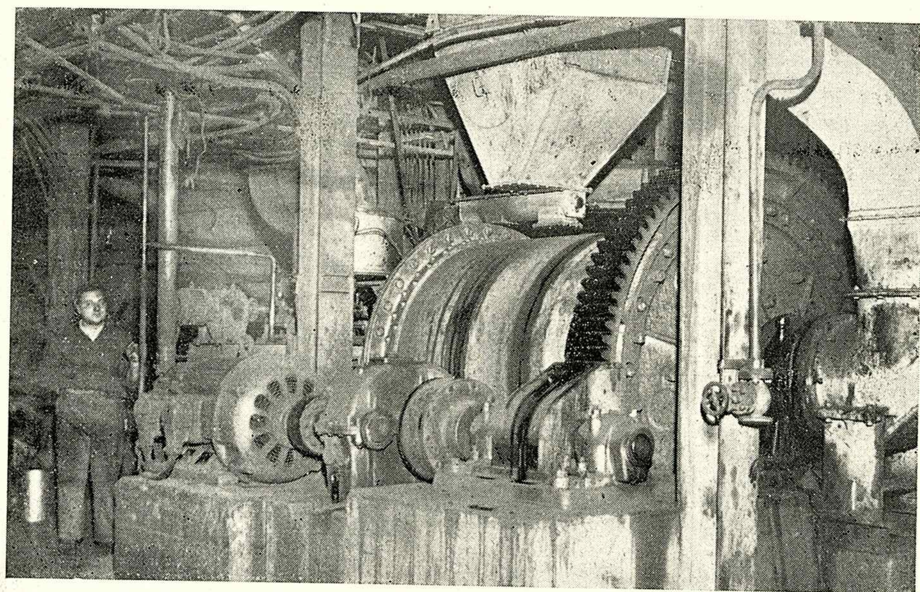
Ciertos carbones lavados, de pequeñas dimensiones, inferiores a 15 mm. conocidos en el mercado mundial bajo los nombres de "slack", "dust", "duff" y "gum", de un precio inferior al de los carbones de las dimensiones especiales que emplea normalmente la U.T.E., no podrían ser utilizados en las parrillas y lo serán en cambio como carbón pulverizado, con la ventaja de que facilitarán el trabajo de los molinos, aumentando así su producción.

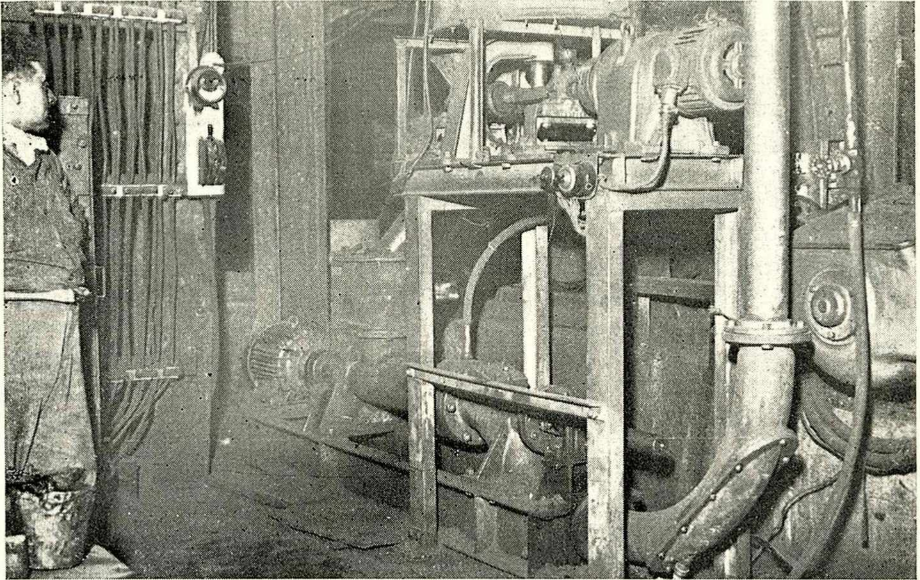
c) **Dará al sistema de combustión una mayor flexibilidad.**

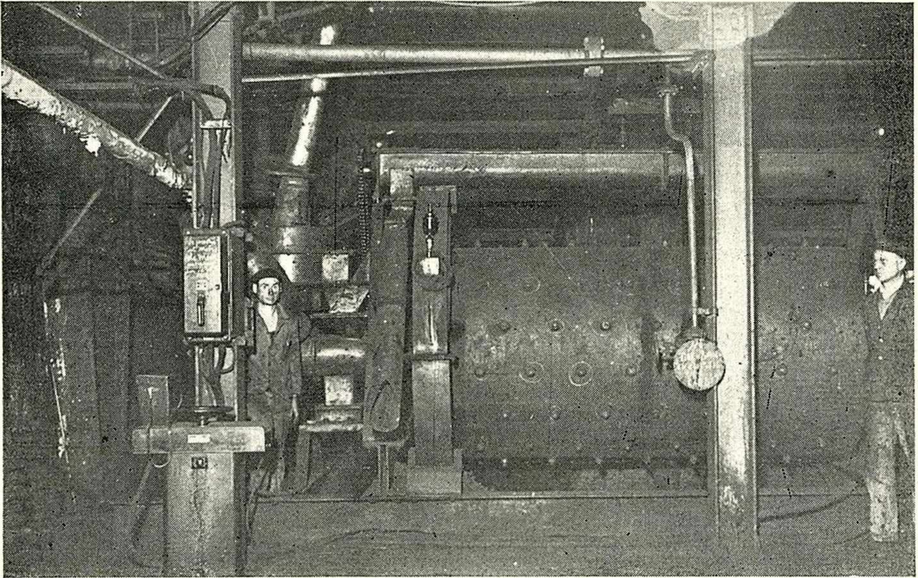
Las tres calderas, N.os 3, 4 y 8 de la Central "Batlle y Ordóñez" donde se emplea el carbón pulverizado, pueden funcionar en forma simultánea o alternativa con dicho combustible o con fuel-oil, ventaja tanto más evidente si se considera que en las cinco restantes, que marchan con carbón triturado, se necesitan tres días de intenso trabajo para poder pasar a la combustión a fuel-oil.

Además, permiten emplear todo combustible de emergencia que esté pulverizado, como afrechillo, maíz molido, harinas de girasol, etc.









c) EMPLEO DE COMBUSTIBLES DE EMERGENCIA.

Lo que antecede se refiere a las gestiones de la U.T.E. acerca de los combustibles normales, ésto es, carbón inglés o americano, de calidad superior, y al petróleo.

Analicemos ahora su actuación en lo que concierne a combustibles sucedáneos de los normales.

Hace aproximadamente un año y medio se hicieron las primeras tentativas para obtener dichos sucedáneos ya sea en el país o en el extranjero, efectuándose numerosas licitaciones, pedidos de precios, consultas, etc. Se recibieron así abundantes referencias de los más variados combustibles y las muestras respectivas, que fueron analizadas en el Laboratorio de la U.T.E.

Con los datos obtenidos se encaró la posibilidad de su empleo, en las instalaciones de la U.T.E. bajo el punto de vista técnico, económico y de poderlos obtener en cantidades de acuerdo con las necesidades de la U.T.E.

De algunos de los combustibles estudiados se adquirieron cantidades variables que permitieron realizar ensayos prácticos los que, hechos con método y en forma científica, son seguramente los más completos que se han efectuado en el país, no solo en cuanto a volumen sino también a su diversidad, lo que ha permitido a la U.T.E. orientarse sobre una base segura en lo referente a la conducta a seguirse en el futuro respecto a la elección de sucedáneos.

Dichos ensayos requirieron una dedicación especial y un esfuerzo inteligente y tesonero por parte de todo el personal de las Centrales de Generación, pues había que solucionar a cada momento complejos problemas planteados, no sólo por las condiciones de combustión de esos diversos productos poco o nada empleados hasta la fecha, sino también para adaptar las instalaciones de nuestras calderas a esos nuevos combustibles de condiciones de combustión desconocidas.

También esos sustitutos del carbón y del fuel-oil debían ser elegidos dentro de ciertas restricciones o sea, que no exigieran una transformación fundamental en los equipos existentes, principalmente por el factor económico y después por los impedimentos actuales en poder conseguir instalaciones de importancia que tienen que ser fabricadas con materias primas de difícil obtención en la situación del momento.

Existen, además, ciertas circunstancias locales que hay que tener muy en cuenta al elegir los sucedáneos, que son generalmente de condiciones inferiores a las de los combustibles para los cuales fueron proyectadas las instalaciones de transporte y los equipos de las calderas, los que ya tienen una antigüedad apreciable en lo referente a la Central "Ingeniero Santiago A. Calcagno" y una vida relativa en la Central "José Batlle y Ordóñez", habiendo sido ambos sometidos a un trabajo intenso, especialmente en

estos últimos tiempos en que la carga y consumos tomaron valores apreciables.

Ya, esas instalaciones han sido sometidas a un trabajo rudo en las pruebas realizadas con combustibles de las más variadas características y lo serán más aún en el futuro, por las elevadas cantidades de sucedáneos que deberán transportar y quemar. Para dar una idea, basta mencionar que el maíz necesario para alimentar cinco calderas de la Central "Batlle" asciende a la cantidad de 20.000 toneladas mensuales.

Todavía debemos recordar que el empleo de los combustibles de emergencia crea graves problemas técnicos que afectan la vida de las turbinas por ser casi imposible con algunas de ellas mantener las condiciones de presión y temperatura del vapor para las que fueron diseñados sus delicados elementos, características que deben mantenerse de manera absoluta.

Se presentan también con el empleo de los sucedáneos rigurosas condiciones de trabajo para el personal, especialmente el que efectúa la descarga. Así, las harinas, con la cantidad de polvo que despiden, dificultan la respiración y el maíz provoca molestias en la vista y erupciones en el cuerpo.

Todos los citados aspectos han debido ser estudiados y encarados para diversos combustibles.

En orden cronológico se experimentaron:

1.º Carbón de leña.
2.º Carbón brasileño de Río Grande del Sur.
3.º Tortas de maíz, residuo de la destilación de alcohol de la Ancap.
4.º Maíz desgranado.
5.º Tortas de lino.
6.º Leña en trocitos.
7.º Harinas de lino, girasol y nabo.
8.º Coquitos paraguayos.

En los capítulos siguientes se examinarán con detención los diversos combustibles analizados, estudiados y ensayados.

CAPITULO III

COMBUSTIBLES DE EMERGENCIA

ANALIZADOS, ESTUDIADOS Y ENSAYADOS

a) POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE CARBONES SUDAMERICANOS.

Carbón Brasileño

Entre los combustibles a obtenerse del Brasil, los que por su cercanía son de los más accesibles, se encuentran los carbones procedentes de los Estados de Río Grande del Sur y de Santa Catalina.

Carbón Riograndense

La producción del carbón riograndense alcanza a cubrir aproximadamente el 85 % de la producción total del Brasil, habiendo ascendido en el año 1941 a aproximadamente 1.500.000 toneladas.

Por tal circunstancia, por ser el más próximo a nuestro país en su fuente de producción, y en estos momentos el único cuya exportación es permitida por el Gobierno del Brasil, lo convierten en el carbón brasileño que merece una consideración detenida.

Los depósitos carboníferos del Sur del Brasil se extienden a través de los Estados de Santa Catalina y Río Grande del Sur, continuándose ligeramente en nuestro país, perteneciendo a los períodos carboníferos y pérmicos. En la parte correspondiente a Río Grande del Sur el carbón se presenta en capas alternadas con otras de materias extrañas, ambas de pequeños espesores, dificultándose así la separación de ambos elementos, por lo que el carbón que estamos considerando posee una proporción muy elevada de cenizas o substancias no combustibles, que oscilan entre 25 y 50 % del mineral total.

Si se comparan dichos valores con los correspondientes a los carbones ingleses y americanos que se mencionaron anteriormente se ve enseguida la diferencia de calidad entre ambos combustibles.

Un tratamiento apropiado permite indudablemente disminuir la cantidad de cenizas y otras impurezas como el azufre, que proviene en general de las piritas, las que también son eliminadas conjuntamente con la ganga fundamental.

Tenemos así que un carbón grande sin lavar, pero zarandeado, procedente de las minas de la Companhia Carbonífera Minas de Butiá y Companhias Estrada de Ferro e Minas de Sao Jeronymo, presentaba la siguiente composición:

Humedad total	10 %
Materias volátiles referidas al carbón seco	26,6 %
Cenizas, referidas al carbón seco	31 %
Azufre " " " "	2,4 a 3 %
Carbón fijo " " " "	40 %
Potencia calorífica superior referida al carbón seco	5000 Cal/Kg.
Temperatura de fusión de las cenizas	1150°C.

En un carbón chico lavado, designado con el N.º 290, la composición era:

Humedad total	13 a 14 %
Materias volátiles, referidas al carbón seco	29 %
Cenizas, referidas al carbón seco	28,5 %
Azufre " " " "	0,5 a 0,7 %
Carbón fijo " " " "	42 %
Potencia calorífica superior	5400 Cal/Kg.
Temperatura de fusión de las cenizas	1250º a 1300ºC.

La composición volumétrica de este carbón era la indicada a continuación:

Trozos inferiores a 3,9 mm.	10,3 %
" de 3,9 a 7,9 mm.	9,2 %
" " 7,9 a 12,7 mm.	8,5 %
" " 12,7 a 19 mm.	12,1 %
" " 19 a 25,4 mm.	16,6 %
" " 25,4 a 38,1 mm.	30,7 %
" mayores de 38,1 mm.	12,6 %

Existe también un tipo de carbón denominado "recuperado", cuyas características son, referidas al carbón seco:

Materias volátiles	26 %
Cenizas	33 %
Azufre	1,07 %
Carbón fijo	40,90 %
Potencia calorífica superior	4954 Cal/Kg.
Humedad	14 %

Los datos citados son los establecidos por los proveedores, habiéndose obtenido en los ensayos de recepción los valores siguientes, referidos siempre al carbón seco.

Carbón chico lavado N.º 290

Materias volátiles	28,37 %
Cenizas	31,17 %
Azufre	0,79 %
Carbón fijo	38,90 %
Potencia calorífica superior	5255 Cal/Kg.
Humedad	12,16 %

Los datos indicados corresponden al promedio de ocho ensayos.

Carbón "recuperado"

Materias volátiles	24,92 %
Cenizas	37,60 %
Azufre	1,05 %
Carbón fijo	36,43 %
Potencia calorífica superior	4619 Cal/Kg.
Humedad	18,76 %

Los resultados expresados son el promedio de dos ensayos.

De los tres tipos de combustibles no se creyó prudente utilizar en la Central de la U.T.E. el indicado en primer término, denominado carbón grande sin lavar, zarandeado, pues dado el bajo punto de fusión de las cenizas se podrían causar trastornos en la combustión en parrillas mecánicas ya sea quemándolo solo o mezclado con carbón inglés.

De los otros dos tipos se quemaron 5335 toneladas del carbón chico lavado y 2080 toneladas del "recuperado", empleándolos en parrillas y pulverizados. Veamos los resultados.

I. — Combustión del carbón Brasileño en parrillas mecánicas.

1) El carbón chico lavado fué quemado en las siguientes maneras.

a) Combustión exclusiva en parrillas mecánicas.

El carbón se quema en capas de 15 cm. de espesor y en segunda velocidad de la parrilla, siendo los valores indicados los más convenientes pues se fracasa si se aumenta la velocidad para incrementar la producción de vapor, porque el carbón tiene dificultades en encenderse, presentándose también inconvenientes si se reduce el espesor de la capa de carbón.

Se favorece la combustión provocando una presión en el hogar en lugar de la depresión habitual de 1,5 mm. de columna de agua y cerrando totalmente el aire secundario y la primera inyección de aire principal debajo de la parrilla. En cambio es necesaria la apertura total de la tercera y cuarta inyección de aire principal.

Se han hecho ensayos para facilitar la ignición del carbón brasileño, agregando tortas de maíz, obteniéndose buenos resultados. Ello permite afirmar que la combustión del carbón brasileño podrá facilitarse con el agregado de maíz en grano, de marlo triturado, de tortas de maíz, y, en general, con combustibles de fácil ignición por su alto contenido en volátiles.

En un ensayo continuado durante 14 días se obtuvo en promedio una vaporización de 5,5 kilogramos de vapor por kilogramo de carbón brasileño, siendo la vaporización media horaria de la caldera N.º 1, con la que se realizó el ensayo, de 25,4 toneladas. Comparando dicho valor con el promedio correspondiente al año 1940, obtenido con carbón inglés, que fué de 26,5 toneladas, se ve que se trata de valores similares.

No obstante, corresponde destacar que el valor referente al carbón inglés es un verdadero promedio de ejercicio normal, con todas las alternativas inherentes al servicio, mientras que el valor relacionado con el carbón brasileño, proviene de una prueba realizada con toda precaución y tratando de exigir a la caldera las máximas condiciones de trabajo.

Comparando en cambio, la vaporización media por kilogramo de carbón que resulta para el carbón brasileño de 5,5 kilogramos de vapor, con la del carbón inglés (valor medio correspondiente al año 1940) de 9,2 kilogramos, se tiene una relación de 1,67 superior a 1,52 relación de las potencias caloríficas (7866 calorías, valor medio para el carbón inglés y 5161 valor medio del carbón brasileño empleado en el ensayo). Ello se debe a la humedad que posee el carbón brasileño y a la pérdida de combustible no quemado que queda incluída en la escoria, de la que produce una elevada cantidad.

Corresponde destacar esa cantidad elevada de escoria, que debe ser

eliminada, lo que encarece los gastos de explotación por la mano de obra necesaria para manipular la escoria de referencia, así como los gastos de transporte de la misma para ser sacada del recinto de la Central.

Otra característica inconveniente que presenta el carbón brasileño cuando se quema solo en las parrillas mecánicas, es la poca flexibilidad de producción de vapor, como ya se indicó anteriormente, no admitiendo mayores variaciones ni en el espesor de la capa de carbón ni en la velocidad de la parrilla. Por tal circunstancia, en una Central termoeléctrica de cierta importancia, provista de parrillas mecánicas, donde se presentan alternativas importantes en la carga, muchas veces en forma imprevista, el empleo de carbón brasileño no conviene que se haga en forma totalmente exclusiva, exigiendo la utilización simultánea de otro combustible de mayor facilidad de adaptación, debiendo entonces disponerse de calderas a petróleo, a carbón pulverizado o bien a carbón inglés quemado en parrillas.

b) Combustión simultánea, en la misma caldera, de carbón brasileño e inglés. Se realizó en dos formas:

I) Empleo de carbón brasileño en pequeña proporción.

Para obtener una buena conservación de las parrillas mecánicas utilizadas en la Central "José Batlle y Ordóñez", es menester, al emplear carbones como el inglés, de poco contenido de cenizas, agregarle al combustible una cierta cantidad de escoria.

Dado el elevado contenido en cenizas del carbón brasileño, se pensó en agregarle al carbón inglés, cierta cantidad de carbón brasileño cuyo fin sería semejante al agregado de escorias antes mencionado. Se llegó así a mezclar hasta un 6 % de carbón brasileño utilizando los mismos dispositivos que para el agregado de escorias.

La combustión del carbón brasileño en estas condiciones no presenta dificultad alguna.

No es posible sin embargo, aumentar este porcentaje, a menos de realizar un trabajo extraordinario durante las cargas diarias de carbón a las calderas.

II) Mezcla, en partes iguales de carbón inglés y brasileño.

Por lo expresado anteriormente, las mezclas, en grandes proporciones, de carbón brasileño con carbón inglés, efectuados en la planta de trituración, aumentaría en forma apreciable el consumo de energía eléctrica en las operaciones de carga de las tolvas de calderas.

Más simple y económico resulta el procedimiento consistente en llenar cada una de las dos tolvas que corresponde a cada caldera con los dos tipos de carbones de referencia y alimentar simultáneamente las parrillas con ambas tolvas. Sin embargo, la mezcla así obtenida no es uniforme, lo que afecta la marcha de las calderas, por lo que no es aconsejable dicho sistema de combustión.

2) El carbón recuperado fué quemado mezclándolo con carbón inglés.

Se ensayó de agregar el carbón recuperado al carbón inglés, en las mismas condiciones que el tipo 290, en pequeña proporción, 6 % en sustitución de la escoria, no habiéndose presentado inconveniente alguno. No ha

sido empleado solo dado que es un carbón de tamaño pequeño, no apropiado para ser usado en las parrillas de la Central Batlle y Ordóñez.

II. — Pulverización del carbón Brasileño.

Con los quemadores de carbón pulverizado de que se dispone en la Central, se llega a una producción media de 12.500 kgs. de vapor por hora, y por quemador, con un máximo de 15.000 kgs. empleando carbón inglés o americano.

Veamos ahora lo que se ha obtenido con el carbón brasileño.

1) **Carbón chico lavado tipo 290.**

Empleando carbón brasileño tipo 290, se obtiene solamente una vaporización de 8.000 kgs./hora, lo que se debe a su menor potencia calorífica y a que el molino que alimenta al quemador tiene menor producción con el carbón brasileño que con los otros dos tipos mencionados.
La causa de lo citado en último término radica en la menor aptitud para la molienda, del carbón brasileño, proveniente de su mayor dureza y en especial en su elevado contenido en humedad, y principalmente de humedad superficial que es precisamente la que contiene en mayor grado el carbón brasileño.

2) **Carbón recuperado.**

El carbón recuperado contiene mayor humedad aún que el tipo 290, haciendo aún más difícil su molienda. Como la referida humedad no es eliminada con facilidad, dada la composición volumétrica del referido combustible y como el carbón es conservado en depósitos sin protección contra las lluvias, es prácticamente difícil de eliminarla, no siendo por lo tanto conveniente, el carbón recuperado, para ser utilizado en forma pulverulenta.

Carbón de Santa Catalina

En los yacimientos de carbón de Santa Catalina, el combustible se presenta en espesores mayores que en el caso de los yacimientos riograndenses, lo que facilita su explotación y separación de la ganga, obteniéndose así un carbón de mayor potencia calorífica.
Existen varias minas en explotación, pero se destacan dos grandes compañías equipadas con instalaciones apropiadas.
En uno de los tipos, el carbón está constituído por piedras que varían de 12 mm. hasta dimensiones superiores a 25 mm.

Su composición es la siguiente:

Materias volátiles	30,12	%
Cenizas	26,30	%
Azufre	3,75	%
Carbón fijo	39.83	%
Potencia calorífica superior	6000	Cal/Kg.
Humedad	1,27	%

El carbón tipo Moinha tiene la siguiente composición:

0	a	1 mm.	....	22 %
1	"	5 "	....	23 %
5	"	10 "	....	50 %
10	"	13 "	....	5 %

La composición de dos tipos de Moinha es la siguiente:

Moinha de Lauro Muller

Materias volátiles	31 %
Cenizas	18 %
Azufre	1,5 a 2,5 %
Carbón fijo	49 %
Potencia calorífica superior	6200 Cal/Kg.
Humedad	2 %

Moinha de Río Deserto

Materias volátiles	30,34 %
Cenizas	13,92 %
Azufre	1 %
Carbón fijo	54,74 %
Potencia calorífica superior	7150 Cal/Kg.
Humedad	2 %

La producción anual asciende aproximadamente a 180.000 toneladas. Se trata, como se ve, de carbones de características superiores a las del riograndense, siendo de lamentar que esté prohibida su exportación, no habiéndose podido, por tal circunstancia, realizar experiencias de combustión.

Estudiemos ahora, el

Carbón Chileno

La producción carbonífera chilena es muy importante y están en vías de ejecución grandes obras destinadas a dar un impulso aún mayor a la explotación.

Según datos publicados en la Memoria de la Caja de Crédito Minero, la producción total de carbón en el año 1941 alcanzó a 2.050.870 toneladas, de las cuales 1.475.631 toneladas corresponden al Departamento de Coronel donde se encuentran las minas de Lota y Schwager.

La producción correspondiente al Territorio de Magallanes ascendió, en el mismo año 1941, a 133.394 toneladas. No obstante, como el combustible extraído no alcanza aún para satisfacer las necesidades del país, está prohibida la exportación de carbón salvo de algunas minas existentes en el extremo sur del país.

Tenemos, así, las características de un carbón ofrecido, proveniente de

la mina Magallanes, en la isla Riesco, Punta Arenas, de acuerdo con un ensayo practicado en el Laboratorio de la U.T.E.

Materias volátiles	36,30	%
Cenizas	16,50	%
Azufre	0,58	%
Carbón fijo	46,62	%
Potencia calorífica superior	6445	Cal/Kg.
Humedad	10	%

También procedente de Punta Arenas, tenemos la composición de un combustible clasificado como lignito:

Materias volátiles	42,42	%
Cenizas	12,74	%
Azufre	0,94	%
Carbón fijo	43,90	%
Potencia calorífica superior	5250	Cal/Kg.
Humedad	15,10	%

Otro tipo de carbón de la misma procedencia arroja la siguiente composición:

Materias volátiles	40	%
Cenizas	8,91	%
Azufre	0,51	%
Carbón fijo	50,58	%
Humedad	10,58	%

También se recibieron ofrecimientos de carbón proveniente de la mina "Elena", en Magallanes, al sur de Chile, de acuerdo a los siguientes análisis:

Determinaciones	ENSAYOS				
	1	2	3	4	5 (1)
Materias volátiles	32,87				39,67
Carbón fijo	32,17				50,68
Azufre	3,87				0,49
Humedad	20,50	17,56	18,39	17,88	9,56
Cenizas	10,59	13,03	12,06	13.33	9,16
Potencia calorífica superior Cal/kg.	5121	5234	5355	5312	5705

Se trata de carbones que pueden catalogarse como lignitos.

Otros tipos de carbones ofrecidos, denominados "pesado" y "liviano" presentan las siguientes características:

Características	Pesado	Liviano
Cenizas	5 %	8 %
Humedad	1,5 %	8 %
Volátiles	37,5 %	38 %
Azufre	1,5 %	——
Carbono fijo	54,5 %	46 %
Potencia calorífica	7800 Cal/kg.	6400 Cal/kg.

Un carbón de Lota, ofrecido a la U.T.E. antes de la guerra actual, presentaba las siguientes características: (referido al carbón seco)

Cenizas	5,5	a	8,5	%
Humedad	2,5	"	3,8	%
Volátiles	37,5	"	40,5	%
Azufre	1	"	1,5	%
Carbono fijo	50	"	55	%
Potencia calorífica superior	7200	"	7440	Cal./Kg.

Punto de fusión de las cenizas: 1450° C.
El tamaño oscila entre 8 y 31 mm.

Otra composición de combustible de igual procedencia es la siguiente:

Humedad	2,26	a	2,75	%
Volátiles	39,46	"	37,13	%
Carbón fijo	51,80	"	48,92	%
Cenizas	6,48	"	11,20	%
Poder calorífico superior	7387	"	7248	Cal/Kg.

Por lo que antecede puede decirse que los carbones chilenos son, en general, de buena clase y algunos de ellos, provenientes de Lota, de excelentes condiciones.

Carbón Argentino

Se han efectuado también algunos análisis con carbones de procedencia argentina, correspondientes a varias propuestas de venta, respondiendo a las siguientes características:

Materias volátiles	17,78	%
Cenizas	77,30	%
Azufre	0,77	%
Carbón fijo	4,15	%
Potencia calorífica superior	1919	Cal/Kg.
Humedad	2,74	%

Este ensayo corresponde a un carbón pulverizado.

Materias volátiles	19,10	%
Cenizas	50,25	%
Azufre	0,38	%
Carbón fijo	30,27	%
Potencia calorífica superior	2687	Cal/Kg.
Humedad	5,39	%

Corresponde a un carbón desmenuzado.

Como se ve, ambos combustibles ofrecidos tienen muy poca potencia calorífica y gran cantidad de cenizas, por lo que pueden clasificarse como de muy mala calidad.

CONCLUSIONES REFERENTES A LA POSIBILIDAD DE UTILIZACION EN EL PAIS, DE CARBONES SUDAMERICANOS

Los resultados, relativamente satisfactorios, obtenidos con el empleo del carbón brasileño de Río Grande de Sur, pueden ser extendidos, y con mejores posibilidades, a los carbones de Santa Catalina y de Chile, cuyas características los indican como de mejor calidad que el combustible ensayado. Si a dicha circunstancia se agrega la importancia de la producción de las minas brasileñas y chilenas, así como las cantidades apreciables de dichos combustibles ofrecidos en forma efectiva por varias empresas, corresponde asegurar que nuestro país cuenta en los mencionados países vecinos, con una certidumbre de aprovisionamiento de combustible, siempre que circunstancias nuevas e imprevistas no intervengan y alteren los términos en que está planteado este asunto.

Para que dicha certidumbre de aprovisionamiento se transforme en una efectividad en la recepción del combustible es menester contar con una base segura de medios de transportes marítimos. Para el caso del carbón brasileño, y en especial para el de Río Grande, el tiempo necesario para la navegación, en un viaje de ida y vuelta, puede fijarse para los barcos actualmente disponibles, en 3 días. El tiempo necesario para cargar en el puerto de embarque y descargar en Montevideo depende evidentemente del tonelaje transportado, así como de los medios de descarga con que venga equipado el barco y de la forma en que están dispuestas sus bodegas.

Considerando barcos que transporten 6000 toneladas y tomando una descarga promedio de 900 toneladas diarias, lo que puede ser hecho en forma relativamente fácil por las instalaciones que posee la U.T.E., se puede fijar un período para la descarga de 7 días, pudiendo tomarse un período igual para la operación de carga. En consecuencia, resultaría una disponibilidad de 6000 toneladas de carbón cada 20 días, o sea 9000 toneladas por mes, cantidad apreciable y que se obtendría con la disponibilidad de un solo barco.

En lo referente al carbón chileno el problema no puede plantearse con la misma claridad que en el caso anterior, dado que no se han realizado aún viajes de aprovisionamiento con el carbón chileno.

Con todo, se tienen datos que permiten fijar, dentro de cierta tolerancia, valores análogos a los indicados precedentemente.

Así, el tiempo necesario para un viaje simple entre Montevideo y Punta Arenas, o viceversa, con barcos comunes, similares a los ya considerados, se puede establecer en 8 días. Sumando los tiempos necesarios para la carga y descarga, se llega al valor de 6000 toneladas disponibles por mes y por barco empleado.

En consecuencia, empleando el Uruguay, uno solo de los barcos de su flota mercante, de aproximadamente 6000 toneladas de capacidad de transporte, podría contarse con una cantidad mensual apreciable y que puede fijarse entre 6000 y 10.000 toneladas de carbón chileno o brasileño.

b) LAS TURBAS NACIONALES.

Características y posibilidades de utilización.

Existen en el Uruguay diversos yacimientos de turba. Marstrander en su "Informe Preliminar sobre las Riquezas Minerales de la República Oriental del Uruguay" trae referencias a depósitos de turba existentes en los bañados de la Laguna Merin, en el Departamento de Rocha.

Son conocidas las turberas existentes en Maldonado, en las proximidades de la ciudad del mismo nombre, las que fueron explotadas industrialmente durante la pasada guerra, transformándolas en briquetas.

También existen lechos de turba a lo largo de la costa, cerca del Arroyo Solís Chico, así como también en Carrasco.

Algunas tentativas y ensayos realizados con esta última turba han dado los siguientes resultados:

ESTADO DE LA TURBA	Potencia Calorífica (Cal/Kg)	Temperatura de Inflamación	Cenizas
Turba prensada a mano y secada al aire	3500 a 3900	950º a 105ºC	
Turba prensada a máquina y transformada en carbón por tratamiento con vapor.	5200 a 5900	1050º a 1150ºC	14 a 16 %
Cokificación del preparado anterior ...	6300 a 6800	1100º a 1200ºC	

Se trataría, como se ve, de combustibles aceptables; pero los datos indicados se refieren simplemente a elementos provenientes de ensayos y no a productos industriales.

En el Laboratorio de la U.T.E. se han realizado diversos ensayos sobre muestras de turbas de varias procedencias, tal como se saca de la parte superior de los yacimientos y sin ser sometida a ningún tratamiento pre-

vio a su utilización, obteniéndose los siguientes resultados, referidos al combustible seco:

Determinaciones	MUESTRAS			
	1	2	3	4
Materias volátiles	19.72 %	19.60 %	—	23.52 %
Cenizas	66.63 %	72 %	68.89 %	60.47 %
Azufre	—	0.14 %	—	0.38 %
Potencia calorífica superior en calorías por kg.	1714	1807	1530	2063
Humedad	37.70 %	31.06 %	50.50 %	9.88 %

Las muestras Nos. 1 y 2 corresponden a turbas de Maldonado.

El elevado porcentaje de cenizas así como el gran contenido de humedad que indican los análisis precedentes revelan claramente que las turbas de referencia tal como se extraen en su yacimiento, son inadecuadas para la combustión en calderas, exigiendo que se las someta previamente a un tratamiento apropiado que elimine la tierra vegetal, hierbas, etc., así como el elevado porcentaje de humedad.

Además, debería dársele cierta cohesión, pues la turba es naturalmente deleznable, a tal punto que se reduce a polvo al ser manipulada, dificultando su combustión en las parrillas.

Con todo, para usarlas en las parrillas mecánicas que posee la Central "José Batlle y Ordóñez", no sería lógico el transformarlas en briquetas, que luego deberían ser trituradas al tamaño nuez, que es el apropiado para los equipos de transporte y combustión de dicha Central.

En resumen, puede establecerse que de acuerdo con las muestras presentadas y los ensayos de Laboratorio realizados, las turbas consideradas no poseen condiciones apropiadas para su utilización directa como combustible en las calderas de la Central "José Batlle y Ordóñez", pudiendo solo encararse su empleo como agregado a los carbones, en sustitución de la escoria que se les incorpora normalmente.

c) EMPLEO DEL CARBON DE LEÑA COMO COMBUSTIBLE INDUSTRIAL.

Características del carbón vegetal

La destilación seca de la madera es un procedimiento bien definido científicamente y su estudio permite establecer que, desde el punto de vista térmico, se distinguen tres períodos de destilación:

1.º Hasta 170ºC es simplemente una deshidratación.

2.º De 170ºC a 270ºC se produce una destrucción de la madera con fuertes desprendimientos gaseosos (anhidrido carbónico y óxido de carbono) y de vapor de agua.

3.º De 270ºC en adelante se produce una fase exotérmica con gran desprendimiento gaseoso (hidrógeno y metano) y de alquitranes.

Es en esta última fase que se produce la carbonización de la leña, y si bien el carbono que se obtiene no es puro, se acerca tanto más cuanto más elevada es la temperatura.

Para temperaturas inferiores a 260º el carbón es de mala calidad y muy rico en materias volátiles; entre 260º y 330º el carbón mejora pero no es aún negociable; es recién entre 350º y 400º que se obtiene un carbón negro, liviano y de fractura brillante, conteniendo por lo menos 80 % de carbono.

Tiene importancia también la velocidad con que se realiza la destilación, la que influye sobre el porcentaje de carbón y de gas que se obtiene, de tal manera que, cuanto más más rápida sea la carbonización menor es la cantidad de carbón obtenida.

También influye sobre las características del carbón las dimensiones de la leña tratada, no conviniendo en tal sentido, emplear trozos de dimensiones superiores a 15 cm.

La absorción de agua por el carbón de leña, que es de gran importancia a los efectos del control del peso del carbón y por la influencia que tiene en la vaporización en las calderas, depende apreciablemente de la temperatura a la cual ha sido obtenido, resultando la siguiente relación:

El	carbón	obtenido	a	150º	absorverá	21	%	de	agua.
”	”	”	”	250º	”	7	”	”	”
”	”	”	”	350º	”	6	”	”	”
”	”	”	”	450º	”	4	”	”	”
”	”	”	”	1500º	”	2	”	”	”

A continuación indicamos las características de diversos carbones de leña nacionales, ofrecidos a la U.T.E. y ensayados en su Laboratorio:

CARACTERISTICAS DE CARBONES DE LEÑA DEL URUGUAY

Pérdida de peso	Materia Volátil %	Azufre %	Cenizas %	Carbono fijo %	Potencia calorífica superior Cal/Kg.	Densidad aparente	Punto fusión de cenizas
4.54	28.49	—	3.74	67.77	6962	—	—
4.68	10.21	—	3.40	86.39	7887	—	—
6.57	8.10	—	8.33	83.57	7408	—	—
3.66	13.82	—	9.03	77.15	7217	—	—
5.53	22.65	—	8.65	68.70	6720	—	—
5.15	12.48	—	4.95	82.57	7509	—	—
3.38	8.63	—	10.56	80.81	7136	—	—
5.08	26.93	—	12.35	60.72	6337	—	—
6.63	8.04	—	10.07	81.89	7362	—	—
4.56	10.14	—	11.35	78.51	6958	—	—
5.78	9.17	—	5.28	85.55	7388	—	—
4.33	15.50	—	8.40	76.10	7112	—	—
5.43	11.18	—	9.47	79.35	7196	—	—
3.84	15.57	0.14	5.61	78.68	7304	—	—
16.18	13.03	0.08	5.49	81.40	7315	—	—
12.10	13.48	0.09	7.38	79.05	7162	0.362	—
4.60	13.67	0.09	5.47	80.77	7489	0.326	—
3.84	15.57	0.14	5.61	78.68	7304	—	—
6.03	9.92	—	7.11	82.97	7184	—	—
5.40	14.00	0.10	6.40	79.50	7190	—	1520º
5.28	13.97	—	7.53	78.50	7147	—	—

La pérdida de peso ha sido determinada calentando el combustible a 105º durante 1 hora.

Las determinaciones referentes a materias volátiles, cenizas, azufre, carbono fijo y potencia calorífica superior están referidas al combustible calentado a 105º durante 1 hora.

También detallamos a continuación las características de carbones de leña argentinos ofrecidos a la U.T.E. y ensayados en su Laboratorio:

CARACTERISTICAS DE CARBONES DE LEÑA DE LA ARGENTINA

Pérdida de peso %	Materia Volátil %	Cenizas %	Azufre %	Carbono fijo %	Potencia calorífica superior cal/kg.	Tipo de la leña
5.54	11.09	6.11	—	82.80	7432	
4.21	10.26	3.91	—	85.83	7651	
5.14	15.91	6.06	—	78.03	7133	
6.28	—	—	—	—	7271	Carbón de leña flojo
4.62	10.16	5.75	—	84.09	7738	
4.40	—	—	—	—	7275	Carbón de leña fuerte
3.92	33.05	5.67	—	61.28	7667	
3.64	14.35	2.29	0.05	83.31	7893	
3.64	15.78	3.84	0.08	80.30	7522	
4.06	12.84	8.25	0.10	78.81	7349	
3.91	18.95	3.22	0.05	77.78	7659	
5.14	8.31	5.01	0.08	86.60	7384	
4.14	11.72	9.77	—	78.51	7572	
5.45	25.44	4.92	—	69.64	6624	
—	—	—	—	—	6700	
—	—	—	—	—	6989	Quebracho blanco

Posibilidades de emplearlo en sustitución del carbón de piedra

Los valores dados por los textos especializados, sobre la potencia calorífica de los carbones de leña usados corrientemente, así como los obtenidos en los ensayos indicados precedentemente con las muestras enviadas de carbones de origen uruguayo y argentino, indican que el carbón de leña es un combustible de una potencia calorífica ligeramente inferior a la de los buenos carbones de piedra ingleses y americanos. Debe agregarse, además, como característica favorable, su contenido en cenizas, similar al de aquellos carbones de piedra y su bajo contenido en azufre.

En lo referente al contenido en humedad, que como se sabe depende de la temperatura de fabricación, los ensayos mencionados indican que es relativamente bajo.

Otro elemento favorable lo constituyen sus dimensiones semejantes a la del carbón mineral, lo que permite su fácil transporte mediante equipos mecánicos adaptados para aquel combustible.

Su baja densidad aparente constituye un cierto inconveniente para el transporte en general, pues se necesita mucho más espacio para transportar un peso determinado que con otro combustible, y exige, en las instalaciones mecánicas de transporte, un trabajo más continuado.

La dureza, relativamente pequeña, del carbón de leña puede ser un inconveniente apreciable si su transporte exige varios manipuleos, porque entonces se reduce en proporciones apreciables a trozos pequeños, poco

aprovechables; en cambio puede ser un elemento favorable para emplearlo como combustible pulverulento.

En la Central "José Batlle y Ordóñez" se realizó un ensayo con carbón de leña obteniéndose los siguientes resultados:

Producción de vapor Máxima horaria	27.000 Kgs.
" " " Media "	24.800 "
Vapor por kilogramo de Combustible	7.84 "

Las condiciones de marcha de las parrillas para combustión de carbón de leña son prácticamente las mismas que para el carbón de piedra, debiéndose aumentar el espesor de la capa de carbón por su menor densidad. Se llegó durante la prueba a un máximo de 20 cm. y una velocidad variable entre segunda y cuarta velocidad, para la vaporización normal.

La temperatura del vapor sobrecalentado, valor muy importante y que debe mantenerse rigurosamente a 440ºC, permaneció constante durante casi toda la prueba.

Como el ensayo fué de corta duración no se pudo apreciar el comportamiento de los links con un combustible que, por su poco contenido de cenizas deja la parrilla completamente limpia en gran parte de su recorrido. Corresponde destacar como inconveniente, la pérdida apreciable de características combustibles o absorción grande de humedad cuando están almacenados un cierto tiempo, si están expuestos a la intemperie.

También se está quemando actualmente el carbón de leña pulverizado, moliéndolo y utilizándolo conjuntamente con carbón de piedra. Si bien no se tiene aún mucha experiencia al respecto, no se ha notado inconveniente alguno.

CONCLUSIONES REFERENTES A LAS POSIBILIDADES DE UTILIZACION, EN EL PAIS, DE CARBON DE LEÑA

Las consideraciones precedentes permiten establecer, con las reservas necesarias a una experiencia de poca magnitud, que es técnicamente posible el empleo de carbón de leña en las instalaciones de las Centrales de Montevideo.

Corresponde ahora considerar los aspectos referentes a las posibilidades de obtención y transporte de las cantidades apreciables que se necesitarían en caso de emplear ese combustible en forma intensiva.

1.º Posibilidad de obtención.

a) En el Uruguay.

La industria del carbón de leña está muy poco desarrollada en el Uruguay. Una idea de ello se obtiene al considerar los largos plazos establecidos por los licitantes que se presentaron a las diversas licitaciones realizadas por la U.T.E. para entregar pequeñas cantidades de carbón de leña. Con todo, esas condiciones han ido mejorando y en reciente licitación se ha podido obtener entre dos propuestas entre 10 y 15.000 toneladas a entregarse en un plazo de aproximadamente un año.

Por otra parte es de suponer que los fabricantes, con más experiencia, puedan mejorar, para el próximo año, las cantidades a entregar y los plazos respectivos.

Ahora se presenta en el Uruguay, con motivo de la explotación de los montes del Río Negro, una oportunidad excepcional para la producción, en gran escala, de carbón de leña.

Si se transformara en carbón de leña la totalidad de las 800.000 toneladas de leña que pueden proveer los referidos montes, se calcula que pueden obtenerse 4.300.000 bolsas o hectolitros. Si se toma como peso específico aparente del carbón de leña 0,3, resultará una producción de 130.000 toneladas de carbón de leña.

Si bien dicha transformación total no podrá, posiblemente, ser realizada en el plazo de que se dispone para la utilización de la leña, es indudable que se cuenta allí con una oportunidad apreciable para fabricar, en gran cantidad, carbón de leña.

b) En la Argentina y Paraguay.

Con todo, si se quisiera obtener enseguida cantidades apreciables de carbón de leña, habría que recurrir a la Argentina y al Paraguay, países de gran producción.

Del primero de los países nombrados, especialmente, se han recibido numerosas propuestas del referido combustible, habiéndose contratado una cantidad apreciable. Pero, por el momento, existe un inconveniente grave y es que el Gobierno Argentino ha prohibido la exportación de leña.

2.º Posibilidad de transporte.

El carbón de leña presenta algunos inconvenientes para su transporte como ser: baja densidad aparente, si bien ello queda compensado aproximadamente por su alta potencia calorífica y facilidad de desmenuzamiento. Por otra parte su transporte en gran escala podría ser encarado en igual forma que el del maíz.

d) LA LEÑA COMO COMBUSTIBLE INDUSTRIAL.

Características de las leñas nacionales y sudamericanas

La leña está destinada actualmente en nuestro país casi exclusivamente a limitados usos de índole doméstica, en general en localidades del interior, donde se dispone de ese combustible a un precio módico, no figurando el monto de su consumo en las estadísticas oficiales.

En la República Argentina, si bien la utilización de la leña asciende aproximadamente a un millón de toneladas anuales, se mantiene casi estacionaria en los últimos años, en valor absoluto, disminuyendo en cambio, en valor relativo, comparado con los otros combustibles, siendo últimamente de aproximadamente un 5 % del valor total del consumo.

No obstante, durante la última guerra su consumo llegó hasta el 71 %, lo que dá un índice de su posibilidad de empleo.

Desgraciadamente, nuestro país es de los que está menos dotado por la naturaleza en riquezas forestales y el empleo de la madera, en gran escala, si no es controlado eficazmente, reducirá o anulará los montes con los perjuicios conocidos para el clima.

Dicha pobreza contrasta grandemente con la abundancia en montes naturales de los restantes países de Sudamérica ya que los bosques de este continente, con una superficie que se estima en 700 millones de hectáreas, poseen el mismo tamaño que los bosques de Africa y Australia juntos, y son los más extensos en su género.

En el cuadro siguiente aparecido en la revista "Maderil" de mayo de 1941, se indican las extensiones de los bosques sudamericanos.

PAISES	Superficies forestales en millones de hectáreas	Porcentaje con respecto a la superficie del país.
Argentina	50.—	17.9 %
Brasil	400.—	47.0 "
Colombia	60.—	52.2 "
Chile	15.5	20.9 "
Guayana francesa	7.—	79.0 "
" holandesa	12.—	80 "
" inglesa	20.4	87.9 "
Paraguay	11.3	24.7 "
Perú	70.—	56 "
Uruguay	0.6	3.1 "
Venezuela	48.3	53 "
	695.1	

Cabe destacar que aparece en estos momentos en el Uruguay, una gran fuente de riqueza forestal, cuya explotación debe forzosamente realizarse en este período de escasez de combustibles. Me refiero a los bosques del Río Negro, que están comprendidos en la zona que será inundada por el lago artificial creado por la gran represa de la Usina Hidroeléctrica del Rincón del Bonete.

De los estudios previos realizados por la R.I.O.N.E. primero y luego por el Servicio Forestal de la Dirección de Agronomía, se llega a la conclusión que puede obtenerse, de dichos montes, 420.000 "Medidas".

Dicha unidad es la que se emplea corrientemente en nuestro país y puede tomarse como equivalente a 4 m^3, y tomando para la leña de monte una densidad de 0,45, resulta una disponibilidad de aproximadamente 800.000 toneladas de leña.

Las especies forestales indígenas más importantes existentes en los bosques del Río Negro son: Espinillo, Guayabo blanco y colorado, Yviraró, Blanquillo común, Molle, Coronilla, Tala, Canelón negro, Tarumán, Zocará, Ceibo, Chalchal, Quebracho blanco, Laurel negro, Laurel miní, Aruera, Curupí, Palo de leche, Jazmín del Uruguay, Temberarí, Arrayán, Pitanga, Mataojo, Ñapindá, Murta, Sauce criollo, Sarandí blanco y colorado.

Los porcentajes totales de las especies más abundantes existentes desde el Rincón del Bonete hasta el arroyo Malo son los siguientes:

Yviraró	12.2 %
Guayabo colorado	16 %
Molle	1.2 %
Blanquillo	16.7 %
Ñangapiré	13 %
Coronilla	7 %
Tala	0.7 %
Espinillo	6.5 %
Canelón negro	2.2 %
" blanco	0.4 %
Tembetarí	0.4 %
Zocará	1.3 %
Guayabo blanco	4.4 %
Chalchal	3.1 %
Mataojo	6.3 %
Laurel miní	1.7 %
Curupí	1.5 %
Oliveta	4 %
Palo de leche	0.4 %
	100 %

Entre las especies nombradas, que forman parte de las 54 existentes en los bosques referidos, hay maderas que pueden ser empleadas en la construcción de muebles unas, como materiales de construcción otras, y el resto como combustibles, ya sea bajo la forma de carbón de leña o simplemente como leña. Sin entrar a considerar cual será la utilización más conveniente bajo el punto de vista económico, nos referiremos en este capítulo solamente al empleo de dichas especies como combustibles, haciéndose al respecto algunas consideraciones más adelante.

En el Laboratorio de la U.T.E. se han ensayado varias muestras de leñas nacionales habiéndose obtenido los siguientes resultados:

CARACTERISTICAS DE ALGUNAS LEÑAS URUGUAYAS

TIPO DE LEÑA	Humedad % 1h a 150 ºC.	Materia volátil %	Cenizas %	Potencia calorífica superior
Eucaliptus rostrata	7.72	84.69	0.33	4749
"	9.34	80.65	0.72	4647
"	9.30	85.60	0.84	4516
" rostrata	16.16	81.39	1.19	4821
Leña de monte	11.27	79.78	1.74	4695
Mezcla de eucaliptus, mataojo, coronilla, tala, blanquillo y sauce	10.75	80.74	2.10	4618

Los valores correspondientes a materia volátil, cenizas y potencia calorífica superior son referidos al peso de la leña desecada.

También se han ensayado algunas leñas argentinas, obteniéndose los siguientes valores para la potencia calorífica referida al peso de la leña desecada durante 1 hora a 105ºC.

Tipo de leña	Potencia calorífica superior
Quebracho desmenuzado	4593 calorías/Kg.
" colorado	4500 "
" " "Campana"	4500 "

El tipo de leña denominada "Calden" dió los siguientes resultados:

Humedad (1 h. a 105ºC)	9.27 %
Materia volátil	70.31 %
Cenizas	2.20 %
Potencia calorífica superior	4858 Cal./Kg.

En la Revista Argentina "Obrajes y Yerbales" de diciembre de 1941 se dan las siguientes características para algunos tipos de maderas argentinas:

ESPECIFICACION	Poder calorífico	Humedad	Características
Quebracho colorado Campana	4.700 a 4.750	6 a 8 %	1.ª Categoría
Timtitaco	4.430 " 4.450	Hasta 14 "	2.ª "
Quebracho colorado media Campana	4.400 " 4.450	" 10 "	2.ª "
Quebracho colorado ferrocarril	4.200 " 4.250	" 15 "	3.ª "
Guayacán	4.100 " 4.200	" 14 "	3.ª "
Quebracho blanco	3.800 " 3.900	" 12 "	4.ª "
Cevil Moro	3.000 " 3.500	" 17 "	4.ª "
Lapacho	De humo ácido, pica los tubos de calderas		
Calden	De humo ácido, pica los tubos de calderas		
Tintitaco	De mucho humo. - Arde mal		
Brea	Leña floja, no debe usarse en calderas		

En la interesante y completa obra titulada "Maderas Argentinas" del Ingeniero Agrón. Lúcas A. Tortorelli, se dan las siguientes características de diversos y variados tipos de maderas argentinas:

TIPOS DE MADERA	COLOR	PESO ESPECIFICO				Potencia calorífica	
		Real	Aparente			Absoluta	Relativa
			1	2	3		
Araucaria augustifolia ...	Amarillo		550	440		4700	1900
" araucana	Blanco			620	592	4550	2800
Sauce colorado criollo ...	Rosado	1311	420	465	460	4500	1900
Nogal argentino	Pardo	1416	632	655	541	4550	2750
Aliso	Rosado	1337	422		380		
Nire o Anís	Ocre			670		4600	2850
Guindo	Rosado			620	540	4650	2650
Roble	Castaño			745	710	4700	3250
Raulí	Castaño obscuro			580	600	4600	2450
Ñire	Amarillo			570	560	4600	2400
Nogal	Violado			580	550	4650	2500
Timbó	Castaño	1350	472	405	360	4500	1700
Algarrobo	Castaño	1442	655	725		4600	3400
Caldén	Amarillo			650		4700	2850
Jacarandá	Amarillo			1235		4500	
Guayacán	Rosado	1426	1087	1195		4550	
Iviraró	Rosado	1442	877	760		4500	3200
Ceibo	Amarillo			300			
Tipa	Blanco	1414	672	680		4500	2800
Palo Trébol	Amarillo			575	562	4550	2450
Palo Santo	Castaño verdoso	1298	925	1090		5000	
Cedro paraguayo	Castaño rojizo			525		4600	2200
Urunday	Castaño obscuro			1175		4750	
Quebracho colorado	Castaño rojizo			1250		4700	
Quebracho blanco	Castaño claro	1394	899	875		4750	3850
Lapacho negro	Amarillo verdoso				992	4900	4300
Lapacho rosado	Amarillo verdoso			1027			

Cada columna correspondiente al peso específico aparente comprende determinaciones realizadas por un mismo investigador.

La Argentina posee una gran riqueza forestal. En 1915 se calculaba la superficie boscosa en 1.067.000 Km^2. o sea el 30 % de la superficie total del país, pero ha ido decreciendo, a tal punto que se calcula que quedará reducida rápidamente al 17 %.

La Sección Técnica de Bosques de la República Argentina da los siguientes datos referentes a diversos territorios:

TERRITORIOS	Superficie en Ha.	Bosques Fiscales Ha.	Bosques Particulares Ha.	Bosques en por ciento, respecto a la sup. del territ.
Misiones	2.924.000	737.543	2.040.256	95
Formosa	7.800.000	3.123.987	776.013	50
Chaco	10.410.000	2.874.346	1.289.653	40
La Pampa	14.244.000	153.376	1.698.343	13
Neuquén	9.700.000	117.067	76.932	2
Río Negro	19.980.000	61.617	38.282	0,5
Chubut	22.440.000	897.330	224.669	5
Santa Cruz	23.900.000	56.151	15.548	0,3
Tierra del Fuego	2.095.000	505.319	227.930	35
TOTALES:	113.493.000	8.526.736	6.387.626	—

Utilización de la leña en reemplazo del carbón

El empleo de la leña como combustible presenta algunos inconvenientes propios del mismo combustible; si además, se le quiere utilizar en reemplazo del carbón, en instalaciones y calderas diseñadas para emplear este combustible, aparecen inconvenientes que se suman a los anteriormente indicados.

Entre los primeros podemos citar:

1.º Su humedad elevada.

La humedad de la madera es sumamente variable; depende del tipo de madera, pero aun para una misma variedad varía según la parte del árbol que se considere y también del tiempo de estacionamiento. Si bien la humedad varía dentro de límites muy amplios de 8 % a 60 % según la influencia de los factores antes indicados, es en general relativamente elevada comparada con la de otros combustibles, lo que representa un inconveniente pues debe ser transportada, disminuye la potencia calorífica unitaria y exije una cierta cantidad de calor en su vaporización, sin que haya recuperación del mismo, pues el vapor es eliminado como tal por la chimenea.

2.º Su baja potencia calorífica.

La potencia calorífica de la leña, aun con poca humedad, es relativamente baja si se la compara con la de otros combustibles. Si a ello se agrega la humedad que posee, resulta una potencia calorífica apreciablemente baja por unidad de peso.

3.º **Su baja densidad.**

La densidad de la mayor parte de las maderas es inferior a la unidad. En la revista argentina "Obrajes y Yerbales" de diciembre de 1941 se dan los siguientes pesos por metro cúbico, de conocidas leñas argentinas:

PESO POR METRO CUBICO

	Kilos
Leña de Algarrobo Blanco, verde	650
" " " " seco	460
" " " Negro, seco	510
" " Calden Campana	500
" " " verde	600
" " Cevil Moro, verde	600
" " Espinillo, verde	600
" " Garabato, verde	750
" " Guayacán Ferrocarril	750
" " Molle de la Sierra, verde	750
" " Moradillo, verde	600
" " Ñandubay Campana	700
" " " Media Campana	600
" " Mezcla	550
" " Quebracho Blanco Campana	580
" " " " Ferrocarril	680
" " " Colorado Campana	720
" " " " Media Campana	650
" " " " Ferrocarril	750

4.º **Su forma irregular.**

La forma irregular de la leña y su tamaño generalmente grande, permite un pasaje abundante e irregular del aire necesario para la combustión, el que es, por otra parte, difícilmente regulable.

Los inconvenientes apuntados conspiran en general en contra del empleo de la leña como combustible, pero su influencia perniciosa se hace sentir especialmente cuando se la quiere utilizar en reemplazo del carbón en hogares ya diseñados para el empleo de dicho combustible.

En efecto: existe en tales hogares un espesor máximo a ser ocupado por el combustible; si él es ocupado por carbón triturado, de una densidad de 800 kgs. por m^3. y una potencia calorífica de 8.000 cal/kg. resulta para un volumen de 1 lt. una potencia calorífica de 6.400 calorías.

Para el caso de la leña, con una densidad de 0,5 y una potencia calorífica por kg. de 3.800 calorías, se obtiene 1.900 calorías por litro, o sea en una relación con el carbón de 3.40 a 1. Si a ello se agrega la dificultad en la regulación del tiro, por las causas que se mencionaron anteriormente, puede estimarse que la leña, cuando es utilizada en calderas para quemar carbón, solo produce la cuarta parte de calor que el combustible mencionado en último término.

Por otra parte, las instalaciones para el transporte del carbón y carga automática de las parrillas no pueden ser empleadas con la leña, dadas sus dimensiones generalmente mucho mayores que las del carbón, y entonces

las referidas operaciones deben ser hechas en forma rudimentaria, exigiendo generalmente un elevado porcentaje de mano de obra que encarece grandemente el costo de la producción.

Además, al cargar a mano y con frecuencia las parrillas, se pierde el control del aire para la combustión, reduciéndose así la eficiencia de las calderas.

Para evitar en parte los inconvenientes citados, se puede reducir las dimensiones de la leña empleándola bajo forma de trozos pequeños o bien desmenuzándola con trituradoras, pero ello encarece su costo unitario.

Encararemos a continuación el empleo de la madera, en las calderas de la U.T.E., en las diversas formas que hemos indicado, así como utilizando briquetas de recortes de madera.

Los inconvenientes generales indicados precedentemente, aplicados al caso de la U.T.E. y especialmente a la Central Batlle y Ordóñez se traducen en lo siguiente:

Se necesita un consumo diario considerable de leña. Si partimos de un consumo diario total de 380 toneladas de carbón de piedra de 8.000 calorías y tomamos una potencia calorífica para la leña de 3.800 calorías, resultará un consumo diario de:

$$\frac{380 \times 8000}{3800} = 800 \text{ toneladas de leña.}$$

Por otra parte, si consideramos la irregularidad que el uso de la leña produce sobre el tiraje, y el hecho de que sus características no coinciden con las del carbón, para el que están diseñadas las calderas, permiten admitir para la marcha de las calderas de leña un rendimiento térmico de 65 % en tanto que para el carbón el rendimiento real es de 87 %. En consecuencia, el valor anteriormente calculado debe ser llevado a 1070 ton./día.

Para manipular esta cantidad tan elevada sin medios mecánicos se precisaría, según cálculos estimativos, varios cientos de foguistas. Las reducidas dimensiones de la Sala de Calderas serían un serio inconveniente para un régimen semejante.

El problema puede ser simplificado reduciendo la leña a trozos pequeños que permitan su transporte mediante los sistemas mecánicos ya instalados, y así es como ya se ha ensayado el emplear madera en trozos de 0m08 como máximo.

Con todo, y para el caso de que la leña llegara en ferrocarril, que sería lo más probable, se precisaría hacer instalaciones especiales y costosas para el movimiento de los vagones. Sobre este punto se hacen algunas consideraciones más adelante.

Para poder estar a cubierto de contingencias diversas se necesitaría tener un stock apreciable de leña, tanto mayor que la cantidad diaria a utilizar que es elevada. Ello presenta sus inconvenientes por el sitio grande que ocuparía, así como también por la dificultad de conservación a la intemperie y por la cantidad de humedad que absorbería en dichas condiciones.

En consecuencia puede estimarse que la combustión a base de leña solamente, en la Central Batlle presenta tales inconvenientes que la hacen descartar, por lo menos por el momento, mientras existan otras soluciones

más viables. Con todo, se han hechos ensayos utilizando leña en trozos, de los que hacemos mención más adelante.

En la Central "Ing. Santiago A. Calcagno" la combustión de leña fué hecha durante el período de la guerra de 1914-18, pero, en ese entonces, siendo la única Usina en servicio, su funcionamiento era continuo. En cambio, hoy día, habiendo pasado a ser Usina de reserva y de picos, su producción de energía varía en forma casi instantánea desde cero a valores considerables que son corrientemente superiores al máximo del período 1914-18.

Si con la Usina en funcionamiento continuo se experimentaron, según se sabe, muy serias dificultades para soportar un máximo-maximorun de apenas 13.500 kW., hoy puede considerarse imposible, hacer frente a tan enorme e instantáneas demandas de energía con la usina fuera de servicio, esto es fría, y empleando combustibles inferiores y de combustión en parrillas.

En el gráfico adjunto (pág. 65), se indican los valores correspondientes a la generación y cargas máximas durante la guerra de 1914-18 y la actual. Con todo se está empleando en algunas calderas el combustible de referencia, como se indicará más adelante.

Un posible y fácil sistema de empleo de la leña es desmenuzándola o triturándola y se ha hecho un estudio en tal sentido precisamente ante la posibilidad de tener que utilizar la leña proveniente de los montes del Río Negro, estudio que mencionaremos más adelante.

En consecuencia, corresponde encarar la utilización de la leña en las siguientes formas:

1.º Empleo de la leña en trozos pequeños.

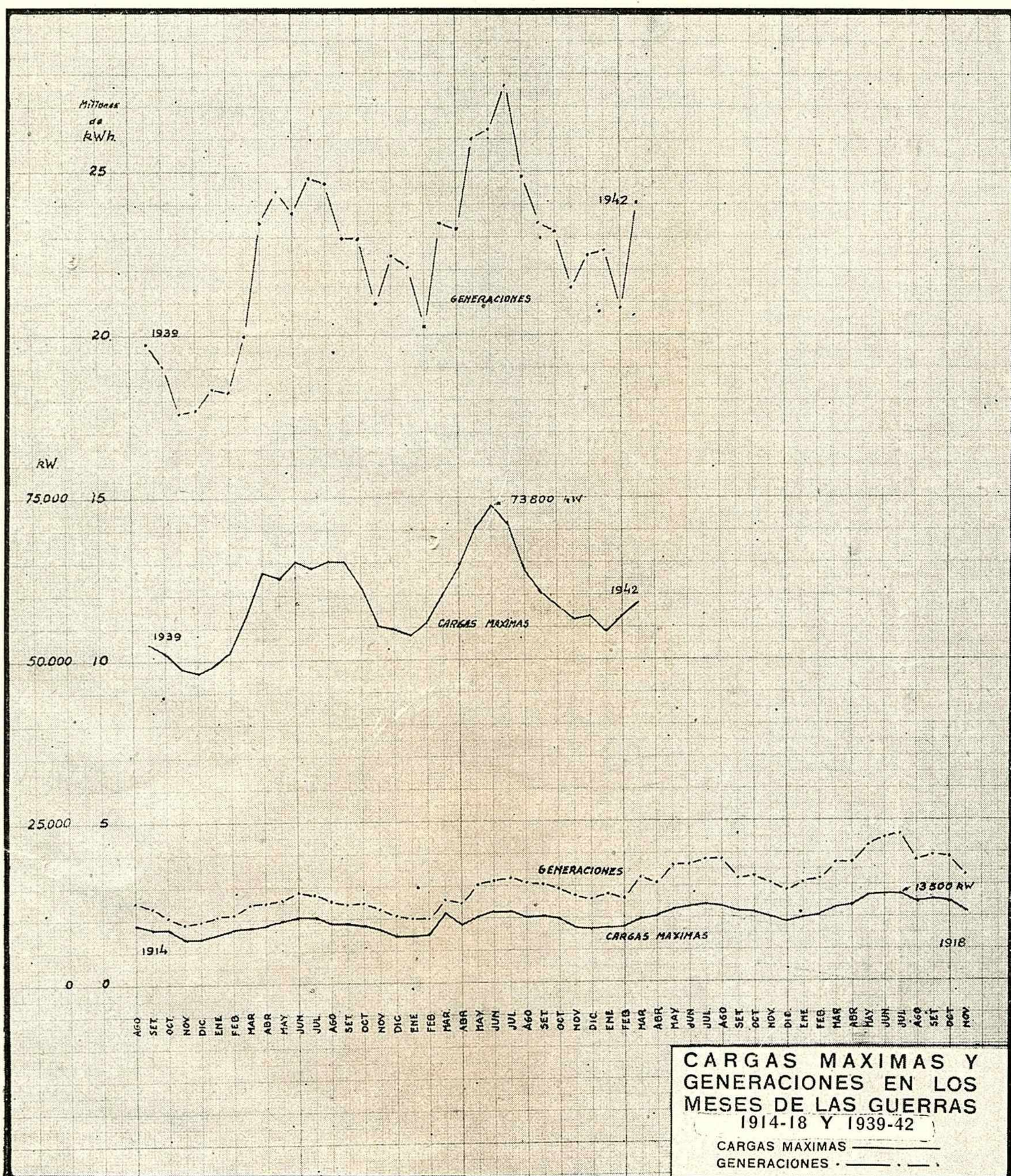
La utilización de la leña en trozos pequeños se hizo con la idea de emplear los equipos de transporte y alimentación automática. Sin embargo, los resultados no han sido satisfactorios pues se han producido desperfectos en el elevador de cangilones, por acuñamiento de los trozos de leña entre ciertas partes en movimiento y elementos de protección. Además, el descenso de la leña desde las tolvas hasta las calderas es extremadamente penoso debiendo ser ayudado en forma permanente por los foguistas.

Por otra parte, se experimentó grave inconveniente en la entrada de la leña en las calderas, pues no siendo un material de dimensiones homogéneas, la limitación del espesor que efectúa la puerta de guillotina no es eficaz, la capa de combustible no es uniforme y se producen grandes entradas de aire.

Por las circunstancias indicadas en primer lugar, las pruebas se efectuaron echando los trozos de leña directamente sobre las parrillas, cargando a mano la tolvilla que alimenta a la compuerta reguladora.

La combustión de leña en trozos se hizo manteniendo una de las dos parrillas que integran la caldera, con carbón, mediante cuya combustión se mantenía caliente a la caldera. Al entrar la leña dentro del hogar, debajo del arco de fuego, se produce la destilación de los volátiles y la humedad, que convierte a la madera en carbón de leña. A partir de este momento la leña se comporta como carbón de leña quemándose muy bien, con la llama corta y azulada característica del carbón de leña.

Debido a las grandes entradas de aire a través de la puerta de


Millones de kWh.
kW.
25
20
75.000
15
50.000
10
25.000
5
0
0
1939
1942
GENERACIONES
73 800 kW
1939
1942
CARGAS MAXIMAS
GENERACIONES
13 500 kW
1914
CARGAS MAXIMAS
1918
AGO SET OCT NOV DIC ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SET OCT NOV DIC ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SET OCT NOV DIC ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SET OCT NOV DIC ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SET OCT NOV
CARGAS MAXIMAS Y GENERACIONES EN LOS MESES DE LAS GUERRAS
1914-18 Y 1939-42
CARGAS MAXIMAS
GENERACIONES

guillotina se enfría el arco de fuego, no produciéndose entonces la destilación de la madera y el fuego se corta.

Por estas últimas consideraciones parecería más lógico y conveniente que el proceso de destilación que hemos indicado se haga no en la caldera sino en el monte, en los hornos especiales para tal fin, y quemar luego el carbón de leña.

2.º El empleo de la leña desmenuzada.

a) En forma de desechos. — El empleo de la leña, bajo forma de desechos evita los inconvenientes que se presentan al utilizarla en trozos, pero existen en cambio dificultades en la obtención de las maquinarias adecuadas para la desagregación de la madera.

La U.T.E. encaró la posibilidad de usarla en esas condiciones, para el caso del empleo de la cantidad enorme de leña disponible en los bosques del Río Negro, que serán inundados una vez que se llene el embalse de la Usina Hidroeléctrica del Rincón del Bonete, admitiéndose la posibilidad de un consumo de 1000 toneladas por día.

En el estudio realizado, se partió de la base de un costo en el monte de \$ 6,00 por medida, o sea por 4 m^3. aproximadamente, precio establecido en un informe del Servicio Forestal de la Dirección de Agronomía, enviado a la U.T.E. oportunamente.

Convendría desmenuzar la leña antes de ser transportada a Montevideo, siendo una ubicación apropiada para tal fin el Rincón del Bonete, adonde llegaría la leña por agua desde los montes.

1. — El transporte de la leña desde el monte hasta la Central "José Batlle y Ordóñez" incluye:

a) Transporte por agua hasta Rincón del Bonete, estimado en \$ 2,00.
b) Transporte ferroviario hasta la Central "José Batlle y Ordóñez".

Según datos obtenidos dicho transporte costará a razón de \$ 7,00 por tonelada, resultando así por "medida" de 4 m^3., o sea 1,8 tonelada, aproximadamente \$ 14,00.

Con vagones de 30 toneladas se puede transportar 20 toneladas de madera triturada, de manera que para el consumo diario de 1000 toneladas se requerirán 50 vagones, lo que exigirá que se corran dos trenes diarios, por lo menos. Estos deberán llegar directamente a la Central "José Batlle y Ordóñez" para lo que se deberá construir un ramal desde las vías del F.C.C. del Uruguay. El costo de dicho ramal se estima en \$ 20.000.

Si tomamos un año como duración de la explotación, resultaría un recargo por tonelada de

$$\frac{20.000}{1000 \times 365} = \$\ 0{,}06.$$

2. — Central de trituración. — La máquina trituradora reduce los troncos a trozos pequeños, caracterizándose, dado el trabajo brutal que debe realizar, por requerir una gran potencia. Así, una máquina para el tratamiento de 50 toneladas de leña por hora requiere un motor de 500 caballos y la boca de entrada de la madera tiene 0m.56 x 0m.64, lo que da una idea de las dimensiones de las maderas que puede reducir.

El precio F.O.B. Nueva York se puede estimar en U$S 6.000 y tomando 20 % para flete, seguros, etc., y a $ 2,00 por dólar resultará un costo, en Montevideo, de $ 14.400,00.

Corresponderá, por razones de seguridad, disponer de 2 máquinas; si se agrega el costo de la instalación, edificios, ramal ferroviario, etc., resulta un costo total de $ 50.000,00, siendo entonces el recargo por tonelada de

$$\frac{50.000}{1000 \times 365} = \$\ 0{,}14.$$

Por otra parte, y según datos de "Combustión" de setiembre de 1940, el costo de la trituración resulta de 0,25 a 0,35 o sea aproximadamente $ 0,70 por tonelada.

En la Central "José Batlle y Ordóñez" será necesario hacer desvíos para movimientos de vagones, estimando su costo en $ 10.000,00. Si a ello agregamos el costo de las instalaciones para descarga de vagones y arrastre de la leña triturada se llega a un valor de $ 15.000,00, lo que eleva en $ 0,05 los gastos por tonelada.

Costos resultantes

Si tomamos como unidad de referencia la "medida", equivalente aproximadamente a 4 m^3. y 1,8 toneladas, resulta, según lo establecido precedentemente:

Precio de la "medida" en el monte	$ 6,00
Transporte desde el monte al Rincón del Bonete ..	" 2,00
Flete Rincón del Bonete - Central "José Batlle y Ordóñez"	" 14,00
Costo de la trituración (0.70 x 1.8)	" 1,26
Amortización de maquinarias (0,06 + 0,14 + 0,05) x 1.8	" 0,45
TOTAL	$ 23,71

El costo del millón de calorías resulta así de $\frac{23{,}71}{6.8} = \$\ 3{,}49.$

b) Se ha considerado también la combustión de la leña transformada en aserrín, lo que permitirá usarla en las instalaciones para combustible pulverulento, habiéndose recién dado comienzo a las experiencias iniciales.

3.º El empleo de la leña en grandes dimensiones.

En trozos grandes la leña solo podrá ser quemada en las calderas de la Central "Ing. Santiago A. Calcagno", de pequeña producción (12.000 Kgs

de vapor/hora) y con numerosas unidades (19 calderas), lo que facilita el cargamento a mano, aunque, como es lógico, requerirá un gran número de operarios.

Conclusiones referentes a las posibilidades de utilización, en la U.T.E., de la leña como combustible.

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas precedentemente y la experiencia realizada utilizando hasta el 20 de julio de 1942 la cantidad de 327 toneladas de leña, se puede establecer que, bajo el punto de vista técnico, es posible quemar leña en las instalaciones de las Centrales de Montevideo.

1.º En trozos de pequeñas dimensiones (0m08 como máximo y mejor aún bajando a 0m05) en la Central Batlle, pero cargando las calderas directamente a mano.

2.º En trozos de grandes dimensiones, también cargando las calderas a mano, en la Central Calcagno.

3.º En ambas Centrales utilizando ya sea la madera triturada, ya sea reducida a viruta pequeña o aserrín. En la primera forma se utilizaría en las calderas para combustibles sólidos y en la segunda forma en las calderas que queman combustibles pulverulentos. El empleo abundante en ambas condiciones solo será posible una vez que se obtengan las máquinas necesarias, lo que en estos momentos es difícil.

4.º Que bajo la forma de trozos, ya sea pequeños o grandes, y mientras existan combustibles más adaptables a las instalaciones existentes, solo convendría emplear la leña en cantidades relativamente pequeñas.

5.º Que la utilización de la madera reduce en forma apreciable la capacidad de vaporización de las calderas.

Las cantidades de leña necesarias para el empleo intensivo en las Centrales de Montevideo podrían obtenerse de los montes existentes en el Uruguay, durante un período limitado de tiempo, dada la pequeña reserva forestal de nuestro país y conspirando contra nuestro clima.

La explotación de los bosques del Río Negro constituiría evidentemente una solución feliz, pues evitaría los inconvenientes antes citados y permitiría el aprovechamiento de una riqueza que, de otra manera, quedaría perdida. En cualquiera de los dos casos, habría que resolver importantes problemas de transportes, dadas las grandes cantidades de combustible que habría que transportar, problema que se agrava por la escasez general de los combustibles necesarios a tal fin.

La obtención de la leña necesaria sería más fácil en la Argentina y Paraguay, países de grandes reservas forestales y con un cierto tráfico marítimo orientado en ese sentido, habiéndose recibido en la U.T.E. numerosas ofertas por cantidades apreciables de leña.

Lo referente al transporte de cantidades elevadas de leña, se podría encarar en la misma forma en que se considera al tratar el del maíz.

e) EL MAIZ COMO COMBUSTIBLE INDUSTRIAL.

Las características arrojadas por los ensayos realizados con muestras de maíz en grano de origen argentino, son las siguientes:

Número de la muestra	Pérdida de peso %	Materia Volátil %	Cenizas %	Azufre %	Carbono fijo %	Potencia cal sup. cal/Kg.	Peso específico aparente
1	10.92	85.28	1.36	0.15	13.21	4613	0,746
2	10.91	85.82	1.41	0.15	12.62	4576	—
3	9.75	85.50	2.—	—	12.50	4522	—
4	10.06	84.61	2.52	—	12.87	4685	—
5	9.81	84.95	1.82	—	13.23	4557	—

Como se ve, el maíz se caracteriza por su valor mediano, aceptable, de su potencia calorífica, similar a la del carbón brasileño; por su pequeño contenido en cenizas y azufre, y una pérdida de peso no muy elevada.

El tamaño pequeño y uniforme de su grano permiten la utilización de los medios mecánicos de transporte especiales para el carbón de piedra, así como la regulación del tiro de las calderas. Permite también el empleo de instalaciones neumáticas para la descarga, de gran capacidad de transporte. Un equipo de esta naturaleza se está preparando actualmente para su empleo en la U.T.E.

Con todo, dada la cantidad enorme que se necesitaría de dicho cereal, si se le utilizara en las grandes centrales eléctricas en lugar de carbón de piedra, unido a su costo corriente como cereal, no permitirían, por razones económicas, dicho empleo en tiempo normal.

Actualmente se dispone de la enorme producción de la Argentina, que alcanza anualmente a varios millones de toneladas y que no es absorbida sino en ínfima parte por el mercado cerealista, lo que ha hecho bajar su precio a valores tales que permiten emplear al maíz como combustible.

En el Uruguay, la producción no es ni remotamente la de la Argentina, siendo el promedio anual, correspondiente al período 1910-1939, de

149.379.588 kgs. La produción total anual, en dicho período, varía según el siguiente detalle:

AÑO	PRODUCCION EN KGS.	AÑO	PRODUCCION EN KGS.
1910	165.466.168	1925	135.888.050
1911	92.445.257	1926	84.940.510
1912	202.282.961	1927	125.890.962
1913	135.719.736	1928	224.874.215
1914	181.422.860	1929	52.895.008
1915	289.108.179	1930	182.082.987
1916	116.942.609	1931	146.282.940
1917	173.109.485	1932	161.056.750
1918	191.181.080	1933	106.302.444
1919	166.988.017	1934	131.646.930
1920	116.842.059	1935	161.733.730
1921	200.425.010	1936	123.933.503
1922	122.245.840	1937	116.305.802
1923	165.086.200	1938	132.770.653
1924	116.849.355	1939	158.668.353

Si se considera que la U.T.E., tal como está equipada actualmente, puede llegar a quemar 20.000 toneladas de maíz por mes, se ve que la producción del país, salvo en el año 1915, en que se registró el mayor valor, de 289.108 toneladas, no alcanzaría para las necesidades de la U.T.E.

Por otra parte, el precio medio de venta del maíz ha sido siempre muy elevado, oscilando entre $ 23,50 y $ 61,00 la tonelada, según los años, siendo el valor medio anual para el período 1910-1939, de acuerdo a los datos del servicio estadístico de la Cámara Mercantil de Productos del País, de $ 40,90 en el mercado de Montevideo.

Los precios promedios de venta del maíz en el referido período variaron según el siguiente detalle:

AÑO	Promedio de precio por quintal	AÑO	Promedio de precio por quintal
1910	$ 2,35	1925	$ 4,38
1911	" 4,35	1926	" 4,62
1912	" 3,13	1927	" 4,04
1913	" 3,45	1928	" 4,93
1914	" 3,14	1929	" 5,01
1915	" 2,35	1930	" 3,18
1916	" 3,25	1931	" 2,80
1917	" 4,37	1932	" 2,20
1918	" 3,79	1933	" 5,02
1919	" 4,01	1934	" 4,65
1920	" 6,09	1935	" 3,89
1921	" 4,64	1936	" 3,79
1922	" 5,00	1937	" 6,10
1923	" 4,20	1938	" 5,62
1924	" 4,69	1939	" 3,82

El maíz puede usarse como combustible, bajo diversas formas.

1.º — Empleo del maíz en grano.

La U.T.E. ha utilizado hasta el 20 de agosto de 1942 la cantidad de 39.500 toneladas de maíz en grano, ascendiendo a 125.000 toneladas los contratos firmados, que se están cumpliendo. El consumo semanal, realizado en cinco calderas de la Central "Batlle", puede elevarse a 5000 toneladas. La experiencia hasta ahora realizada es favorable; debido a su alto contenido en volátiles, el encendido de la caldera se realiza en óptimas condiciones.

El maíz quema en muy buena forma en una capa de 165 mm. de espesor y con tercera y aún cuarta velocidad de parrilla, obteniéndose una vaporización de 40.000 kgs. de vapor por hora, en forma continuada. La producción de vapor es pues comparable a la obtenida con los mejores carbones ingleses.

La marcha del fuego es completamente regular y en ningún momento corren peligro los rompe escorias, pues la combustión se realiza en las ¾ partes de la parrilla.

El problema de la escoria no existe prácticamente con el maíz, por su bajo contenido en cenizas. Por otra parte, la cantidad de fino que pasa a través de la parrilla es inferior a la del carbón.

El humo que sale por la chimenea es completamente claro y en ningún momento se observa el arrastre de cenizas.

En cuanto a su transporte dentro de las instalaciones mecánicas es similar al del carbón. No obstante lo que antecede, se vigila atentamente la marcha de las calderas pues las referencias que se tienen, de la Argentina, es que la combustión del maíz perjudica al material refractario, a las parrillas y a los tubos de las calderas.

Se atribuye el deterioro nombrado en primer término, a la presencia, en las cenizas del maíz, de cantidad apreciable de sales de Na y K, que obrarían como fundentes. En este aspecto, hasta el presente, no se ha observado ningún inconveniente. El análisis de las escorias que se producen en las calderas ha dado el siguiente resultado:

Fósforo ($P^2 O^5$)	43.78 %
Magnesio (MgO)	18.02 %
Potasio ($K^2 O$)	20.48 %
Sodio ($Na^2 O$)	4.36 %
Hierro ($Fe^2 O^3$)	5.10 %
Aluminio ($Al^2 O^3$)	3.58 %
Calcio (Ca O)	1.95 %
Silicio ($Si O^2$)	6.90 %
Materia combustible	2.58 %
Titanio	Trazas
Manganeso	"
Cromo	"

Datos proporcionados establecen en 1000º la temperatura de fusión de las cenizas y entre 700º y 800º el punto de ablandamiento de las mismas.

El inconveniente producido a las parrillas puede atribuirse al pequeño contenido en cenizas del maíz, de tal manera que las escorias resultantes no alcanzan a proteger la superficie de las parrillas. No se ha constatado, hasta el momento, deterioros en las parrillas de las calderas de la U.T.E.,

no habiendo sido necesario aún, recurrir al agregado previo de escorias, como se practica con los carbones de piedra de bajo contenido en cenizas. Ello se debe posiblemente, a que la temperatura del hogar es de 1300°, inferior a la que existe cuando se marcha con carbón, en que llega a 1500°.

En cuanto al recubrimiento de los tubos se atribuye a las cenizas que son arrastradas por el aire y se depositan sobre los tubos, fundiéndose posteriormente y formando una capa aislante térmicamente, exigiendo una limpieza detenida, que debe ser realizada casi todos los días, lo que obliga a parar así diariamente las calderas.

En las calderas de la U.T.E. si bien se nota la formación de la capa referida, es muy reducida y no exige hasta el momento paradas frecuentes.

El empleo de maíz presenta, con todo, varios inconvenientes:

1.° — Los grandes volúmenes que hay que transportar requieren un funcionamiento casi continuo de las instalaciones, no quedando prácticamente tiempo para las inspecciones y trabajos de conservación.

2.° — Produce molestias al personal que trabaja en la descarga.

3.° — El material de transporte fluvial es poco adecuado para la descarga con los poderosos medios mecánicos de que dispone la U.T.E., limitando así apreciablemente la rapidez necesaria para descargar cantidades tan grandes de combustibles.

4.° — Se imponen condiciones muy severas para la descarga diaria obligatoria y multas muy elevadas en caso de atraso.

Los inconvenientes mencionados en los numerales 2.° al 4.° quedarán apreciablemente atenuados una vez que entre en funcionamiento el descargador neumático actualmente en preparación, de una capacidad de 100 toneladas por hora.

Teniendo en cuenta todo lo que antecede, puede decirse que el maíz desgranado es uno de los sucedáneos más indicados del carbón inglés.

Comparado con el carbón brasileño lo aventaja en que no produce un volumen tan exagerado de escorias; no presenta dificultades para el encendido y marcha del fuego ni carece de flexibilidad en la producción de vapor.

Con respecto a las tortas de maíz u oleaginosos no tiene, como ellas, los inconvenientes ocasionados por su manipulación y trituración, ni da lugar a atascamientos en las tolvas, como se menciona en otro lugar.

2.° — Empleo del maíz en marlo.

El maíz se emplea también conjuntamente con el marlo. En estas condiciones la potencia calorífica del conjunto disminuye apreciablemente por la influencia del marlo, descendiendo hasta 3400 cal/kg. Este inconveniente es generalmente compensado por una disminución apropiada del precio.

Para los casos en que el combustible debe ser transportado a través de cañerías, como sería en las instalaciones de la U.T.E., se agrega también el inconveniente de que, debido a las dimensiones y forma del marlo, se producen atascamientos que dificultan seriamente su desplazamiento.

Por tal circunstancia consideramos que, para el caso de la U.T.E. no sería muy recomendable su empleo.

3.º — Empleo del maíz en marlo protegido con otra substancia combustible.

Es común proteger el maíz en espiga, para evitar la acción destructora de la humedad y de los insectos, con una capa de asfalto, consiguiéndose, al mismo tiempo, aumentar la potencia calorífica del conjunto, que se eleva así a más de 5500 cal/kg., combustible al que corrientemente se le designa con el nombre de maizasfal.

Este combustible presenta el mismo inconveniente que hemos mencionado al tratar del maíz en marlo, referente a la dificultad de su transporte por cañerías, agravado por la circunstancia de que la capa protectora de asfalto se ablanda, por la acción del calor, durante su almacenamiento en las tolvas.

4.º — Empleo del maíz molido.

También se utiliza el maíz molido y en esa forma se quema utilizando las instalaciones para combustibles pulverulentos, como se indica en otros capítulos.

En la Argentina se emplea en forma abundante en esas condiciones, y aún cuando todavía no se ha experimentado en la U.T.E., se están terminando las gestiones para la adquisición de una partida importante del citado combustible. Además se está preparando un molino de cilindros, con el que se espera producir una cantidad apreciable de maíz molido.

El ensayo de una muestra de harina de maíz dió el siguiente resultado:

Humedad	10.50 %
Materia volátil	81.01 %
Cenizas	1.73 %
Carbón fijo	17.16 %
Potencia cal. superior cal/kg.	4563

5.º — Empleo del maíz carbonizado.

Otro sistema de emplear el maíz como combustible consiste en carbonizarlo y usarlo en tal forma o bien triturado y mezclado con maíz molido.

En la primera forma, es común que los granos de maíz se suelden entre sí formando trozos de forma variable. De acuerdo con un ensayo realizado en el Laboratorio de la U.T.E., se obtuvo para tal combustible un contenido en humedad de 11.49 % y una potencia calorífica superior de 7241 cal/kg.

En la segunda forma, para una mezcla de 50 % de carbón de maíz y 50 % de maíz molido, el ensayo dió 11.27 % de humedad y 5332 de potencia calorífica superior.

En la U.T.E. no se posee experiencia respecto a esos dos tipos de combustibles.

6.º — Empleo del maíz en tortas.

Se emplea también como combustible el residuo del maíz, obtenido luego de sometido al proceso para la obtención del alcohol, convenientemente prensado, lo que se conoce con el nombre de tortas de maíz.

Ensayos realizados con dicha substancia han dado los siguientes resultados:

Pérdida de peso (1 h. a 105°C.)		8.70 %
Materia volátil (desecado a 70°C.)		84.12 %
Cenizas		1.49 %
Azufre total		0.57 %
Potencia calorífica superior	cal/kg.	5608
" " inferior	cal/kg.	5242

Se trata, como se ve, de un combustible de un mediano poder calorífico y poco contenido en cenizas y azufre.

En las calderas de la Central "José Batlle y Ordóñez" se han quemado 590 toneladas del citado combustible, adquirido a la ANCAP, en tortas de 0m50 de diámetro y con un peso de 5 a 8 kgs. cada una.

Por sus grandes dimensiones la manipulación de las tortas es en extremo difícil, no siendo posible el empleo de las instalaciones de transporte hasta la trituradora. Este inconveniente se podría subsanar haciendo las tortas de menores dimensiones, por ejemplo, 15 cm x 15 cm.

Su conducción se efectuó a mano, tal como lo indican las fotografías adjuntas. Teniendo en cuenta las dimensiones de las tortas fué imprescindible proceder a su trituración.

La combustión se hizo según dos procedimientos:

a) Mezclando las tortas trituradas con carbón inglés y brasileño.

La combustión de esta mezcla, en cualquier proporción, no ofrece dificultad alguna con el carbón inglés; con el brasileño tiene, además, la ventaja de facilitar extraordinariamente su ignición, dado el alto contenido en volátiles de las tortas.

b) Combustión exclusiva de las tortas.

En el ensayo realizado en dos calderas y con 140 toneladas de tortas, se experimentaron serias dificultades en el descenso de las tortas trituradas desde las tolvas de almacenamiento a las parrillas, ya que se aglomeran y forman un arco en la boca de descarga de la tolva, impidiendo completamente su descenso.

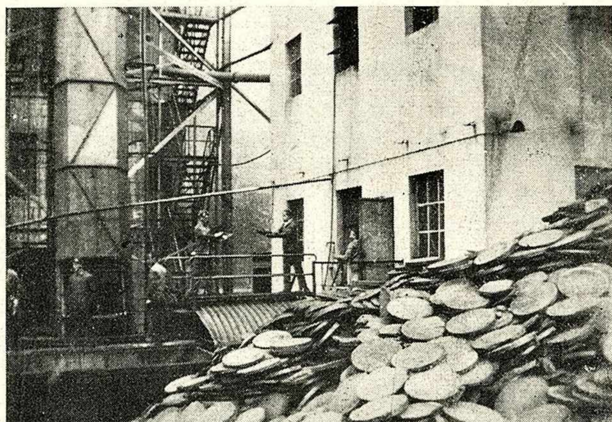
Dichas dificultades aumentaban, a medida que se prolongaba su estada en las tolvas, produciéndose, además, miasmas que molestaban a los obreros encargados de hacer bajar las tortas por medio de golpes.

Por otra parte, había que tomar precauciones especiales para evitar la combustión de las tortas en las tolvas y conductos de bajada.

Una vez que las tortas han llegado a las parrillas de las calderas, la combustión se realiza en forma fácil, siendo de regulación simple y produciendo una vaporización aceptable que osciló de 27.000 a 36.000 kgs. de vapor por hora, según la caldera empleada, siendo el espesor de la capa de combustible sobre la parrilla de 14 cm. y tercera la velocidad utilizada.

La vaporización por kg. de torta resultó de 6,6 kg.

Un inconveniente apreciable que presentan las tortas de maíz, consiste en que no se las puede almacenar por mucho tiempo a la intemperie, pues se disgregan con la lluvia y fermentan despidiendo miasmas. Por otra parte, como se trata de un sub-producto industrial, que además se emplea



DIVERSOS ASPECTOS DE LA DESCARGA DE LAS TORTAS DE MAIZ





en la alimentación del ganado lechero, la cantidad disponible no es muy elevada. Así, las cantidades exportadas por el Uruguay fueron:

AÑO	CANTIDAD EN KGS.
1936	921.535
1937	76.130
1938	———
1939	369.050
1940	659.514

Conclusiones referentes a las posibilidades de utilización, como combustible, en el país, del maíz en sus diversas formas de empleo.

De acuerdo con lo que se ha expresado precedentemente, se llega a establecer que el maíz, no siendo bajo la forma de marlo simple o protegido con asfalto, puede ser empleado en las instalaciones y calderas de las Centrales de la U.T.E. en Montevideo.

El orden preferencial sería el siguiente:

1.º — Maíz en granos.
2.º — " molido.
3.º — Tortas de maíz.
4.º — Carbón de maíz.

Respecto a los dos últimos cabe considerar que la pequeña cantidad disponible de los mismos hasta el momento no los indican como solución amplia y completa del problema actual del combustible.

En cambio los dos primeros, por la cantidad, prácticamente ilimitada que se puede obtener de ellos en la Argentina, nos proporcionan una base apreciable para nuestras necesidades de combustibles.

Falta considerar aún el aspecto referente al transporte. Dadas las relativamente pequeñas distancias a recorrer y como se pueden emplear embarcaciones de diverso calado, desde simples chatas hasta barcos grandes, no parece que puedan existir dificultades al respecto.

Hasta el momento, se han empleado embarcaciones de pequeño calado, y si bien no está aún completamente resuelto el transporte de la totalidad del combustible que se puede quemar en nuestras Centrales, es de suponer que, con más experiencia, quede pronto totalmente solucionado. De todas maneras, siempre quedaría el recurso de emplear alguno de los barcos grandes de la flota nacional, con lo que se podría perfectamente dar solución completa al transporte.

Puede decirse pues, que si no aparecen nuevos factores en lo referente al suministro del maíz, ni nuevos aspectos insalvables en la combustión del maíz en granos y molido, dichos combustibles constituirán una solución apreciable a las dificultades de combustibles existentes actualmente.

f) UTILIZACION DE COQUITOS Y COMBUSTIBLES VARIOS.

COQUITOS

Existen en el Paraguay, en cantidad apreciable, coquitos, que son el fruto de árboles existentes en extensos montes naturales. Sus dimensiones llegan a ser hasta 4 cm. y constan de tres elementos combustibles: la pulpa, el hueso y su contenido.

Pueden emplearse en esa forma o bien solamente el hueso, cuando son previamente industrializados para obtener aceites vegetales.

Los ensayos realizados en el Laboratorio de la U.T.E. han dado los siguientes resultados:

Coquitos enteros

DETERMINACIONES	MUESTRA	
	1	2
Pérdida de peso a 70 °C.	12.76 %	4.78 %
Materia volátil (desecada a 70 °C)		79.83 %
Cenizas		3.25 %
Potencia calorífica superior	5309 Cal/kg.	5387 Cal/kg.

Coquitos vacíos

DETERMINACIONES	MUESTRAS			
	1	2	3	4
Pérdida de peso %	7.62	10.77	8.59	6.29
Material volátil "	74.19	70.12	63.21	—
Cenizas "	1.83	4.61	1.15	—
Azufre "	—	0.07	0.09	—
Potencia calorífica superior cal/kg.	4854	4975	4318	4703

También se han ensayado en el Laboratorio de la U.T.E. coquitos brasileños, que son de un diámetro mucho menor, alrededor de 2 cm., con el siguiente resultado:

Humedad	11.15 %
Materia volátil	78.09 %
Cenizas	1.07 %
Pot. calorífica superior	5221 Cal/kg.

En las calderas de la Central Batlle se han quemado 450 toneladas de coquitos paraguayos enteros, no habiéndose experimentado inconveniente alguno, siendo de muy fácil combustión.

Dada su forma y tamaño se pueden transportar perfectamente por los medios mecánicos que tiene la U.T.E.

En consecuencia, se trata de un excelente combustible, siendo el único inconveniente las dificultades para el transporte provenientes de la distancia y lugar en que se encuentran.

COMBUSTIBLES VARIOS

Se ha ofrecido también a la U.T.E. varios combustibles, a los cuales nos referiremos brevemente, pues las cantidades disponibles son pequeñas y no permiten, por lo tanto, solucionar el problema actual en forma amplia.

Semillas de tártago

Los ensayos han dado una potencia calorífica de 6500 Cal/kg.

Cebada

DETERMINACIONES		MUESTRAS	
		1	2
Humedad	%	11.45	12.78
Materia volátil	”	80.89	82.78
Azufre	”	2.84	2.03
Cenizas	”	0.01	—
Potencia calorífica superior	cal/kg	4413	4434

Centeno

Humedad .... 12.50 %
Pot. calorífica superior .... 4344 Cal/kg.

"Briquetas"

Es común transformar en "briquetas" de dimensiones variables según el caso, restos de combustibles diversos. Así, por ejemplo, uno de los problemas a resolver por cualquier industria de la madera, es el de emplear prácticamente los recortes sobrantes, siendo una de las formas más simples la de fabricar con ellos "briquetas".

Lo mismo puede decirse con respecto al carbón de leña. A continuación indicamos las características de dos tipos ofrecidos de estas "briquetas".

DETERMINACIONES	MUESTRAS		
	1	2	3
Humedad .... %	6.57	4,0	—
Materia volátil .... "	—	36,5	—
Carbono fijo .... "	—	47,5	—
Cenizas .... "	16.14	10,5	—
Azufre .... "	—	1,5	—
Potencia calorífica superior Cal/kg.	6492	6500	4500

"Briquetas" varias

DETERMINACIONES	MUESTRAS		
	1	2	3
Humedad .... %	11.98	11.11	12.68
Materia volátil .... "	40.35	53.13	60.95
Cenizas .... "	21.78	16.99	12.65
Potencia calorífica superior Cal/kg.	4850	4922	4899

En la U.T.E. no se tiene experiencia sobre el uso de "briquetas", en general. Con todo, cabe observar que sus dimensiones, si pasan de 0.05 m., pueden ser un obstáculo a su transporte por los medios mecánicos, lo que exigiría su trituración.

Para el caso de que el material aglomerante fuera algo elástico, dicha trituración se vería dificultada, así como también su descenso de las tolvas a las calderas, por el ablandamiento que el calor podría producir en la misma substancia.

Carbón de Africa del Sur

Se han recibido las características de los carbones extraídos en numerosas minas explotadas en Africa del Sur, donde la producción parece haber alcanzado un desarrollo muy apreciable. Los análisis enviados indican, en general, la existencia de un combustible de relativa calidad, cuya proporción en cenizas oscila entre 10 y 14 %; la materia volátil entre 20 y 30 %; la potencia calorífica alrededor de 6000 calorías y la temperatura de fusión de las cenizas entre 1300º y 1400º.

g) UTILIZACION DE PRODUCTOS PROVENIENTES DE GRANOS OLEAGINOSOS.

Los residuos provenientes del tratamiento de los granos oleaginosos (maní, girasol, algodón, lino, etc.,) si bien presentan usos variados, entre ellos su empleo en la alimentación de animales, tienen características que los hacen muy adaptables para ser utilizados como combustibles. Pueden clasificarse en: harinas de extracción, expellers, tortas, tortas especiales y afrechos.

1) Harina de extracción—

Estas harinas se obtienen descascarando y limpiando la semilla del vegetal correspondiente y pasando luego la semilla descascarada por máquinas moledoras que las convierten en harina. Esta es prensada en prensas especiales, soportando una presión de 400 a 800 atmósferas, extrayéndose así el 70 % del aceite contenido.

Como el residuo contiene aún un elevado porcentaje de aceite se le vuelve a convertir en harina, a la cual se le aplica un procedimiento de extracción a base de nafta, por el que se le extrae la casi totalidad del aceite.

El residuo contiene: 0.4 - 3 % de grasa, 45 - 47,6 % de proteína y 4 - 6 % de humedad.

Su reducido contenido de aceite hace que dicho producto sea altamente inflamable. Molido convenientemente es lo que se denomina "harina de extracción". Diversos ensayos realizados en el Laboratorio de la U.T.E. han dado los siguientes resultados:

EXTRACCION DEL LINO

DETERMINACIONES	MUESTRAS				
	1	2	3	4	5
Humedad (1 hora a 105 °C)		11.50	9.44	9.72	9.75
Materia volátil		77.—	76.46	76.91	56.46
Carbono fijo		15.73	18.02	17.54	30.36
Cenizas		7.27	5.52	5.55	13.18
Potencia calorífica superior cal/kg.	4733	4556	4791	4802	4859

La materia volátil, el carbón fijo y las cenizas están referidas al combustible desecado a 105°C durante una hora.

EXTRACCION DE GIRASOL

DETERMINACIONES	MUESTRAS		
	1	2	3
Humedad .... %	9.40	10.28	
Materia volátil .... "	76.82	76.74	
Carbono fijo .... "	15.35	16.26	
Cenizas .... "	7.83	7	
Potencia calorífica superior Cal/kg.	4699	4733	4743

EXTRACCION DE NABO

DETERMINACIONES	MUESTRAS	
	1	2
Humedad	9.68 %	9.68 %
Materia volátil	72.50 %	—
Carbono fijo	20.88 %	—
Cenizas	6.62 %	--
Potencia calorífica superior	4820	4633

Las harinas de lino, girasol y nabo de las que se han quemado 4000 toneladas hasta el 22 de agosto de 1942, se han utilizado en dos formas: sobre parrillas y en suspensión.

En la primera forma, las pérdidas a través de las parrillas no son exageradas y la producción de vapor es casi el 90 % de la máxima contínua. En la segunda manera, presenta como inconveniente la acumulación de cenizas en los sobrecalentadores.

Puede decirse que, en general, su empleo se efectúa con buenos resultados, adoleciendo del inconveniente de que no se pueden almacenar a la intemperie por aglomerarse con las lluvias y entrar rápidamente en putrefracción.

Es interesante especialmente el empleo de estas harinas pues se utilizan en instalaciones que permiten disminuir el consumo de fuel-oil y se consiguen en cantidades suficientes a las necesidades que existe de ellas.

2) Expellers—

El procedimiento para la fabricación de los "expellers" es el mismo que el de las harinas de extracción hasta llegar a la segunda operación para quitarles el aceite. En lugar de someterlas a un procedimiento a base de nafta, se les pasa por prensas contínuas, extrayendo gran parte del aceite

y el producto residual que así se obtiene se denomina "expellers". Contienen generalmente: 7 - 11 % de grasa; 37 - 41 % de proteína y 6 - 10 % de humedad. Está formado comunmente por trozos de combustibles de un espesor de 2 cm. aproximadamente.

He aquí algunas determinaciones realizadas en el Laboratorio de la U.T.E.:

EXPELLERS DE LINO

DETERMINACIONES		MUESTRAS	
		1	2
Humedad	%	10.94	—
Materia volátil	"	76.28	--
Carbono fijo	"	18.50	—
Cenizas	"	5.22	—
Potencia calorífica superior		5225	4943

EXPELLERS DE GIRASOL

DETERMINACIONES		MUESTRAS	
		1	2
Humedad	%	8.65	9.31
Materia volátil	"	73.97	--
Carbono fijo	"	18.18	—
Cenizas	"	7.85	—
Potencia calorífica superior	cal/kg.	4540	4731

Las determinaciones precedentes corresponden al combustible denominado "girasolex". De este tipo se ha quemado en las Centrales 2000 toneladas hasta el día 22 de agosto de 1942.

Generalmente se muele previamente en el molino de bolas que se utiliza para moler el carbón, aunque también es utilizado enviándolo directamente, mediante los ventiladores, a los generadores de carbón pulverizado. También se ha ensayado de quemarlo directamente en las parrillas. En las tres formas mencionadas se quema sin mayores inconvenientes.

En cambio presenta el defecto de que, al descargarlo y en su transporte por las cintas, produce gran cantidad de polvo. Por otra parte, si es almacenado a la intemperie, entra rápidamente en putrefacción al ser mojado por las lluvias y absorbe gran cantidad de agua que hace casi imposible su molienda.

3) Tortas—

También este producto se prepara de manera análoga a los anteriormente indicados hasta llegar a la segunda extracción de aceite, que se efectúa por medio de prensas verticales. Las tortas así obtenidas dependen, en sus dimensiones y formas, de las instalaciones en la fábrica productora.

El análisis de las mismas es el siguiente: 5,5 - 7 % de grasa; 41 - 43,5 % de proteína y 6 - 10 de humedad.

He aquí los resultados de algunos análisis realizados en el Laboratorio de la U.T.E.:

TORTAS DE ALGODON

DETERMINACIONES	MUESTRAS	
	1	2
Humedad	7.48	—
Materia volátil	65.50	--
Carbono fijo	26.90	—
Cenizas	7.60	—
Potencia calorífica superior cal/kg.	5270	4900
" " inferior " "	4620	

TORTAS DE LINO

Humedad	9.75 %
Materia volátil	56.46 %
Carbono fijo	20.61 %
Cenizas	13.18 %
Potencia calorífica superior	4859 Cal/kg.

Las tortas oleaginosas presentan, en su utilización, las mismas características que las de maíz, que estudiamos ya con cierta detención.

Las cantidades exportadas por el Uruguay fueron las siguientes:

TIPOS DE TORTAS	AÑO		
	1936	1937	1938
Algodón	2.508.680	1.057.860	145.740
Girasol	292.330	268.000	1.105.861
Maní	2.859.716	5.966.843	7.490.276
Nabo	105.940	273.240	162.000

4) Tortas especiales—

Estas tortas son análogas a las anteriores, pero están preparadas con una cierta cantidad de carbonilla, que se eleva hasta el 32 % ; son de reciente fabricación y no han sido aún ensayadas en la U.T.E.

De acuerdo con datos proporcionados, su potencia calorífica se eleva a 6200 Cal/kg.

5) Afrecho—

Puede también incluirse en la categoría de los productos provenientes de los granos oleaginosos el afrecho que se obtiene al proceder al descascarado de los granos como primer paso de su tratamiento. Un tipo, ofrecido a la U.T.E., dió el siguiente resultado:

Pérdida de peso a 105º durante 1 hora	9.18 %
Materia volátil desecada a 105º durante 1 hora ..	78.12 %
Cenizas desecadas a 105º durante 1 hora	6 %
Azufre total	0.52 %
Potencia calorífica superior - Cal/kg.	5216

CAPITULO IV

APLICACION INMEDIATA DE LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA Y PROYECCIONES DE FUTURO

CAPITULO IV

Aplicación inmediata de la experiencia adquirida y proyecciones de futuro

Teniendo en cuenta lo expresado precedentemente, respecto a los conocimientos y la experiencia adquiridos por la U.T.E. sobre las características y forma de utilización de variados combustibles sudamericanos, provenientes en su mayor parte de las regiones pertenecientes a la cuenca del Plata, se puede intentar deducir algunas conclusiones sobre la importancia de las posibilidades que el empleo de los referidos combustibles pueden ofrecer para sustituir a los combustibles europeos y norteamericanos, carbón y fuel-oil, que actualmente escasean en forma apreciable.

Dichas conclusiones pueden ser de aplicación inmediata o de proyecciones de futuro.

APLICACION INMEDIATA DE LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA POR LA U.T.E.

Los principales elementos a considerar son: su mayor o menor utilización en las instalaciones de la U.T.E.; la posibilidad de obtenerlos, en las fuentes de origen, en las cantidades requeridas por las necesidades del consumo, y la factibilidad de efectuar, en el tiempo necesario, su transporte a Montevideo.

No consideraremos el aspecto económico, entre otras razones, por las variaciones frecuentes que experimentan los precios de los combustibles debido a múltiples factores de influencia irregular.

Teniendo en cuenta los elementos considerados, pueden ordenarse los combustibles en la siguiente forma preferencial:

Maíz en granos.
Carbones de leña nacionales y extranjeros.
Harinas de maíz, girasol, lino, etc.
Coquitos.
Expellers y tortas de maíz y oleaginosos.
Carbones minerales sudamericanos.

Corresponde recordar que, como ya se ha dicho, de las ocho calderas que posee la Central Batlle, cinco están equipadas para quemar combustibles sólidos y tres para emplear fuel-oil, pudiendo utilizar también simultáneamente combustibles pulverulentos.

Por otra parte, las 19 calderas con que cuenta la Central Calcagno pueden marchar a fuel-oil; además catorce de ellas, por el momento, están en condiciones de quemar combustibles pulverizados, y dos más emplean madera.

Corresponde destacar también que, con el fin de economizar combustibles y especialmente fuel-oil, a la Central Batlle se le hace llevar actualmente hasta 56.000 kW, no obstante ser su potencia máxima normal de 50.000 kW.

Cabe mencionar que la transformación sucesiva de las calderas de la Central Calcagno para quemar pulverizados permitirá utilizar cada vez menos cantidad de fuel-oil, pero esa transformación solo podrá efectuarse en forma lenta por el tiempo necesario para construir las instalaciones necesarias y muy especialmente, por la dificultad en conseguir algunos de los elementos imprescindibles.

Naturalmente que las conclusiones ha que hemos llegado precedentemente, se basan en la experiencia adquirida y en las condiciones actuales de obtención de los combustibles sucedáneos del carbón y fuel-oil.

Hasta ahora y de acuerdo con la citada experiencia no se experimentan dificultades apreciables en la marcha de las instalaciones y equipos. Es

de suponer que dichas condiciones persistan, pero no pueden descartarse totalmente inconvenientes posteriores que aparezcan luego de un tiempo apreciable de marcha. Por ejemplo las instalaciones mecánicas de transporte están siendo sometidas a un trabajo rudo durante un tiempo apreciable del día, por el gran volumen que debe transportarse de combustible casi todos los días, dado que son generalmente de baja densidad y potencia calorífica limitada.

También podrían presentarse dificultades en la obtención o transporte de ciertos combustibles que actualmente se reciben en condiciones satisfactorias. Es indudable que dichas dificultades no serán insalvables y corresponde esperar que, si se presentan, serán solucionadas con el mismo esfuerzo tesonero puesto hasta ahora de manifiesto.

PROYECCIONES DE FUTURO

Durante la pasada guerra la U.T.E. experimentó, como actualmente, dificultades apreciables en la obtención de los combustibles que utilizaba normalmente en sus instalaciones, debiendo también recurrir al empleo en gran escala de sucedáneos.

De esa experiencia no quedó, prácticamente, enseñanza aprovechable alguna pues, una vez terminada la guerra y vuelta la normalidad en los intercambios comerciales, se continuó con el sistema imperante antes de la guerra. ¿Volverá a producirse ahora el mismo fenómeno?

Como elementos primordiales a considerar están por un lado las excelentes condiciones que presentan los buenos carbones ingleses y americanos, así como el fuel-oil, y por otra parte los bajos precios que se pagan por los mismos una vez que desaparecen los efectos perturbadores de la guerra. Así, por ejemplo, en el año 1937 se adquirieron carbones de clase excelente a $ 9.43 la tonelada.

Ahora bien; de los sucedáneos que se emplean actualmente, tanto el maíz como las harinas, expellers y tortas oleaginosas, subirá su precio a valores que los harán inaccesibles como combustibles.

El precio del carbón de leña, que actualmente oscila entre $ 35 y $ 40 no podrá bajar a valores comparables al citado para el carbón de piedra, por la importancia que en su costo tiene la mano de obra y el transporte.

En lo que respecta a la leña, ya vimos en el capítulo respectivo, al considerar la explotación de los bosques del Río Negro, o sea una industrialización en gran escala realizada sin afán de lucro, que el costo en Montevideo de 1,8 tonelada podría estimarse en $ 11.— aproximadamente.

Para el caso de los coquitos, si nos basamos en el precio ya citado del carbón de piedra y en las potencias caloríficas de ambos combustibles, resultaría un precio equivalente de $ 6.— la tonelada.

Si consideramos la parte importante que toma el flete en el precio de los combustibles sucedáneos, y que el más bajo precio cotizado para los coquitos paraguayos fué de $ 25.—, se ve que es prácticamente imposible que el combustible considerado pueda competir, en el futuro, con los carbones europeos de buena clase.

Debemos referirnos especialmente a los carbones americanos.

En el precio de dichos carbones interviene como elemento importante el flete, que en el caso de los carbones brasileños ha oscilado entre 12 y 15 pesos. Como en general, son carbones de calidad inferior a los ingleses y americanos, se ve que por este lado se presentarán dificultades para mantener un tráfico comercial.

Sin embargo, existen en este caso varias circunstancias favorables al propósito citado. Por una parte la producción de carbón es, como se ha visto, muy apreciable, lo que revela la existencia de organizaciones serias y poderosas, que están en condiciones de estudiar y perfeccionar su pro-

ducción, reduciendo así sus costos. Por otra parte, dado el tiempo e intensidad de trabajo de las instalaciones es de suponer que parte de ellas estén amortizadas lo que también facilitaría una disminución en el costo. Además, tratándose de intereses tan vitales para los países productores, no será difícil que con intervención de los Gobiernos respectivos, se pudiera poner en práctica el sistema de precios bajos especiales para la exportación, y si a ello se agrega que, generalmente, las empresas mineras tienen estrecha relación con empresas de transporte, se ve que no es improbable la obtención de reducciones apreciables en los precios de venta.

Naturalmente que debe unirse a ello una selección en los tipos de carbones a exportar, los que tienen que ser de la mejor calidad, para reducir así el costo de transporte por unidad calorífica.

Es indudable que la Unión Sudamericana de Asociación de Ingenieros puede tener en este asunto, fundamental para la independencia económica de América, un rol importante. En la Convención de Lima realizada en 1941, se plantearon las bases para propiciar el intercambio de productos, materias primas y materiales de construcción entre los distintos países de América del Sur, y recientemente, el Directorio de U.S.A.I. resolvió que, en cada país afiliado, se designaran Comisiones encargadas de realizar lo resuelto en la Convención de Lima. Dichas Comisiones tienen pués, un amplio campo de acción en el que puede entrar perfectamente lo referente al carbón sudamericano.

Debemos hacer mención, también, del petróleo sudamericano, combustible que abunda en forma apreciable en varios países de este continente y cuyas excelentes caractrísticas, bien conocidas, lo hacen imprescindible en las actividades industriales.

Es de desear que los países sudamericanos organizaran una marina mercante que les permitiera asegurar el suministro de dicho combustible aún en tiempo de guerra, lo que sería relativamente fácil si se tiene en cuenta la proximidad de dichos países y las necesidades relativamente pequeñas de dicho combustible.

En este aspecto es precisamente donde debe actuar primordialmente el Instituto Sudamericano del Petróleo, organismo creado por la U.S.A.I. en la Convención de Lima, y cuya constitución en forma integral tendrá precisamente lugar en estos días.

Y finalmente consideramos que, después de las enseñanzas de dos cruentas guerras casi consecutivas, para los países que, como el Uruguay, no disponen de recursos combustibles naturales, la política nacional más inteligente sería la de un prudente desarrollo de los recursos hidroeléctricos que en estado potencial se encuentran en nuestros abundantes ríos, y cuya iniciación feliz ha comenzado con la construcción de las potentes instalaciones del Rincón del Bonete, sobre el Río Negro, cuya terminación parece que, felizmente, se encuentra próxima, gracias a los inteligentes y tesoneros esfuerzos realizados.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

CARVAO NACIONAL
por el Ing. Domingo Fleury da Rocha.

EL CARBON EN EL SUR DEL BRASIL
por el Ing. Francisco Baptista Pereira.

BOLETIN DE LA FAÇULTAD DE INGENIERIA DE MONTEVIDEO
Enero de 1942.

MEMORIAS DE LA CAJA DE CREDITO MINERO

COMBUSTION Y COMBUSTIBLES
por P. Krassa.

COMBUSTIBLES Y CARBURANTES NACIONALES EN LA REPUBLICA ARGENTINA
por el Profesor Ing. Lorenzo Baralis.

INFORME PRELIMINAR SOBRE LAS RIQUEZAS MINERALES DE LA REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY
por Rolf Marstrander.

COMBUSTIBLES INDUSTRIALES
por F. Colomer - Ch. Lordier.



MADERAS ARGENTINAS
por el Ing. Agrónomo Lúcas A. Tortorelli.

LA RIQUEZA FORESTAL DE AMERICA DEL SUR
por Juan C. Sedlak, del Ministerio de Agricultura del Brasil.
Revista Maderil - Mayo de 1941 - Pág. 11.

REVISTA OBRAJES Y YERBALES
Diciembre de 1941.

EL MAIZ EN EL URUGUAY
por el Ing. Agr. Walter A. Bertulio — Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay - Diciembre de 1941 - Pág. 29.

"BRIQUETIZACION" DE RECORTES DE MADERAS
por Juan C. Sedlak, del Ministerio de Agricultura del Brasil.
Revista Maderil - Agosto de 1941 - Pág. 3.

INDICE

INDICE